

X

YHDYSKUNTASUUNNITTELU JA TIELIIKENNEMELU

KÄÄNNÖS STATENS PLANVERKIN RAPORTISTA N:O 22 "SAMHÄLLSPLANERING
OCH VÄGTRAFIKBULLER"

TIE-JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIESUUNNITTELUOSASTO

TVH 2.622

HELSINKI 23.9.1974

20240

08

TIE-

IX 6



YHDYSKUNTASUUNNITTELU JA TIELIIKENNEMELU

SAMHÄLLSPLANERING OCH VÄGTRAFIKBULLER

Ruotsissa statens planverk julkaisi v.1972 julkaisusarjassaan raportin n:o 22 "Samhällsplanering och vägtrafikbuller", jossa on esitetty helppotajuisessa muodossa mm. perustietoutta liikennemelusta, erilaisten toimenpiteiden vaikutuksia liikennemeluun ja laskentamenetelmät liikennemelun määrittämiseksi erilaisissa tie- ja liikenneolosuhteissa.

Jotta raportissa esitetty tietous tulisi tehokkaasti käytetyksi, on raportti TVH:n toimesta nyt käännetty suomen kielelle. Käännöstyön on tehnyt tiesuunnitteluosaston teknillistaloudellisessa toimistossa dipl.ins. Mikko Ojajärvi.

TIE-JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIESUUNNITTELUOSASTO

HELSINKI 23.9.1974

ALKUSANAT

Autoliikenteen nopea kehitys sekä henkilö- että tavarakuljetuksissa on aiheuttanut liikennemelun tulemisen yhä suuremmaksi ongelmaksi yhdyskuntasuunnittelussa. Liikenteen melun aiheuttamien häiriöiden rajoittamiseksi voidaan vaatia sekä ajoneuvohin kohdistuvia että liikennettä sääteleviä toimenpiteitä. Erityistä huomiota melutilanteeseen täytyy kuitenkin kiinnittää myös liikenneväyliä ja niihin liittyvää asutusta suunniteltaessa ja rakennettaessa.

Liikennemelun syntymiseen, leviämiseen ja vaimenemiseen liittyvät seikat ovat nykyisin jokseenkin hyvin tunnettuja. Mikäli tapaus ei ole liian monimutkainen, voidaan niin muodoin liikenneväylien lähimpään ympäristöönsä aiheuttama meluimissio teoreettisesti laskea suunnittelupäämääriä varten tyydyttävällä tarkkuudella. Samalla on kuitenkin muistettava, että käytännössä mitatut arvot voivat huomattavasti vaihdella laskettujen arvojen ympärillä mm. vaihtelevien sääolosuhteiden vuoksi.

Eräs vaikeus keskusteltaessa meluongelmista on ollut tietouden puute siitä, mikä on melun vaikutus ihmisen terveyteen ja hyvinvointiin. V. 1965 silloinen rakennushallitus (Byggnadsstyrelsen), lääkintöhallitus (Medicinalstyrelsen) ja tie- ja vesirakennushallitus (Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen) kääntyivät sen vuoksi valtion rakennustutkimusneuvoston (statens råd för byggnadsforskning) puoleen pyytäen määrärahaa tutkimuksen suorittamiseksi liikennemelun häiritsevistä vaikutuksista. Tämän tuloksena julkaistiin tutkimus, joka käsitteli pääasiassa liikennemelun aiheuttamaa subjektiivisesti koettua häiriötä eri melutasoilla, valtion rakennustutkimuslaitoksen (statens institut för byggnadsforskning) ja valtion kansanterveyslaitoksen (statens institut för folkhälsan) toimesta v. 1968.

Tällöin katsottiin mahdolliseksi ja sopivaksi laatia ehdotus ohjeiksi tieliikennemelun huomioonottamisesta fyysisessä suunnittelussa. Ohjeisiin sisältyisi sekä yksinkertainen menetelmä melun liikenneväylän ympäristöön leviämisen laskemiseksi että imissiorajat asunnoille ja alueille. Työ tällaisen ehdotuksen laatimiseksi on suoritettu suunnittelulaitoksen (planverket), luonnonsuojelulaitoksen (naturvårdsverket), sosiaalishallituksen (socialstyrelsen) ja tielaitoksen (vägverket) välisenä yhteistyönä.

Suunnittelulaitos päätti kirjelmässään 11.2.1971 antaa ehdotuksen suuntaviivoiksi, joiden ohjeet ja neuvot eivät ole sitovia. Päätös perustuu kuulutukseen 1970:641, joka koskee rajoitusta viranomaisen oikeuteen antaa määräyksiä, ohjeita tai neuvoja luvasta.

Kuninkaallinen Majesteetti on tämän johdosta päätöksessä 30.6.1972 lausunut seuraavaa:

"Niitä ongelmia, jotka liittyvät toimenpiteisiin yhä rasittavamman liikennemelun torjumiseksi, selostetaan tiekustannus- ja liikennemeluselvityksissä (K 1966:41 ja K 1970:33). Kuninkaallinen Majesteetti katsoo, että lopullinen kannanotto tähän olennaiseen suunnittelu- ja ympäristökysymykseen edellyttää, että kummankin mainitun selvityksen tulokset ovat käytettävissä. Tämän perusteella ja kuulutuksen 1970:641 mukaan Kuninkaallinen Majesteetti määrää, ettei suuntaviivoja toistaiseksi anneta rakennusasetuksen 76 §:n mukaisina neuvoina ja ohjeina.

Kuitenkin suuntaviivat sisältävät arvokasta, suunnittelulaitoksen toimesta koottua tietoutta, joka nyt tulee saada käytettäväksi yhteiskuntaa rakennettaessa. Erityisen tärkeitä ohjeet näyttävät olevan niiltä osin, joissa käsitellään rakentamisen suunnittelua tähän saakka asumattomilla alueilla, joilla suunnittelutyö uudisrakentamista varten usein voidaan suorittaa melko vapaasti.

Kuninkaallinen Majesteetti määrää sen vuoksi, että suunnittelulaitoksen toimesta ehdotus suuntaviivoiksi liikennemeluselvityksestä toimitetaan kaikille rakennuslautakunnille tiedoksi."

Tämän päätöksen mukaan julkaistaan tämä raportti informaatiojulkaisuna laitoksen raporttisarjassa.

Tässä raportissa annettu informaatio on ensisijassa tarkoitettu kunnallisille luottamusmiehille ja suunnittelijoille, ja raportti antaa mm. eräitä tietoja melun suhteen tyydyttävän ympäristön merkityksestä eri huoneistoissa, niiden erilaisten toimenpiteiden vaikutuksesta, joihin voidaan ryhtyä melun pienentämiseksi, sekä niistä elimistä, jotka päättävät tällaisista toimenpiteistä. Laskentamethodiikka, joka tekee mahdolliseksi sen, että suunnittelutilanteessa saatavissa olevien tietojen perusteella voidaan arvioida esiintyviä häiriöitä, on tarkoitettu lähinnä käytännön suunnittelijoille.

Raportin vaatiman työn on suorittanut mainituista laitoksista olevien edustajien muodostama työryhmä valtion suunnittelulaitoksen osastonjohtajan Gösta Blücherin johdolla.

Raportissa esitetty laskentamethodiikka on laadittu Svensk Akustikplanering AB:ssä professori Tor Kihlmanin johdolla.

Sisällysluettelo

Sivu

Luku 1

MELU - JOHDANTO

1.1	Mitä melu on?	7
1.2	Annoksen ja vaikutuksen välinen suhde	8
1.3	Desibeli ja dB(A)	9
1.4	Annosmitan valinta tieliikennemelulle - ekvivalenttinen äänitaso	10

Luku 2

MELUN VAIKUTUS - IMISSIORAJA TIELIIKENNE-
MELULLE

2.1	Melun vaikutukset	13
2.1.1	Tiedontarve	
2.1.2	Melun kuuloa vahingoittava vaikutus	
2.1.3	Melun verhoava vaikutus	
2.1.4	Melun fysiologiset vaikutukset	
2.1.5	Melun vaikutus uneen	
2.1.6	Melun psykologiset vaikutukset	
2.1.7	Melu stressin aiheuttajana	
2.1.8	Herkkyiden yksilölliset eroavuudet	
2.1.9	Ajankohdan merkitys meluhäiriöille	
2.2	Melun vaikutus eri toimintoihin	19
2.2.1	Asukkaat - asunnot	
2.2.2	Työ - työhuoneistot	
2.2.3	Koulutus - kouluhuoneistot	
2.2.4	Terveystenhuolto - terveyden- ja sairaan- hoitoa varten olevat huoneistot	

Luku 3

TOIMENPITEET TIELIIKENNEMELUN TORJUMISEKSI

3.1	Liikenteeseen ja ajoneuvoihin kohdistu- vat toimenpiteet	26
3.1.1	Ajoneuvojen rakenne	
3.1.2	Ajoneuvojen nopeus	
3.1.3	Ajoneuvojen määrä	
3.1.4	Raskaiden ajoneuvojen osuus	
3.1.5	Liikenteen vuorokausijakautuma	
3.1.6	Liikenneväylän kaltevuus	
3.1.7	Kiihdyttämisestä tai hidastamisesta aiheutuva melu	
3.2	Fyysisessä suunnittelussa käytettävät toimenpiteet	40
3.2.1	Ajoneuvovirran pienentäminen	
3.2.2	Toimintojen sijoittaminen	
3.2.3	Asuntoalueiden yhteysjärjestely	
3.2.4	Etäisyys liikenneväylään	
3.2.5	Liikenneväylän vieressä olevan melu- esteen käyttö	
3.2.6	Asutuksen vieressä olevan meluesteen käyttö	
3.2.7	Asutuksen ryhmittäminen ja talotyyppin valitseminen	

3.2.8	Lähteen ja vastaanottajan välinen korkeusero Talon korkeus	
3.2.9	Lähteen ja vastaanottajan välinen korkeusero Ajourata maanpinnan yläpuolella	
3.3	Rakennustekniset toimenpiteet	50

Luku 4

TIELIIKENNEMELUN LASKEMINEN SUUNNITTELUN
YHTEYDESSÄ

4.1	Liikennemelun mittayksiköt	53
4.2	Äänen leviämisolosuhteet	54
4.2.1	Leviäminen vapaassa kentässä	
4.2.2	Maaston ja maastoesteiden vaikutus	
4.2.3	Heijastavien pystysuorien pintojen vaikutus	
4.2.4	Sääolosuhteiden vaikutus	
4.2.5	Ulkoseinien ääneneristys liikennemelua vastaan	
4.3	Laskentamenetelmässä käytetyt edellytykset	57
4.4	Äänitason laskemisessa esiintyvät epävarmuudet	59
4.5	Laskentanomogrammit ja laskennan kulku	62
4.5.1	Laskennan kulku	
4.5.2	Laskentanomogrammit	
	Huomautuksia imissiorajoja esittävään taulukkoon	94
	Imissiorajat esittävä taulukko	100

Luku 1

MELU - JOHDANTO

1.1 Mitä melu on ?

Arkipuheessa tavataan sanaa melu käyttää äänestä, jolla on häiritsevä ja epäsäännöllinen luonne. Ympäristöhygienisessä mielessä sitä vastoin melulle on annettu laajempi määritelmä, mikä aiheuttaa sen, että käytännöllisesti katsoen kaikki äänet voivat olla melua tietyissä olosuhteissa. Melu määritellään ääneksi, joka yleensä ei ole kuulijan toivomaa. Äänekäs keskustelu esimerkiksi ei ole melua niille, jotka ottavat siihen osaa, mutta se voi tulla meluksi, jos se tunkeutuu viereiseen huoneistoon.

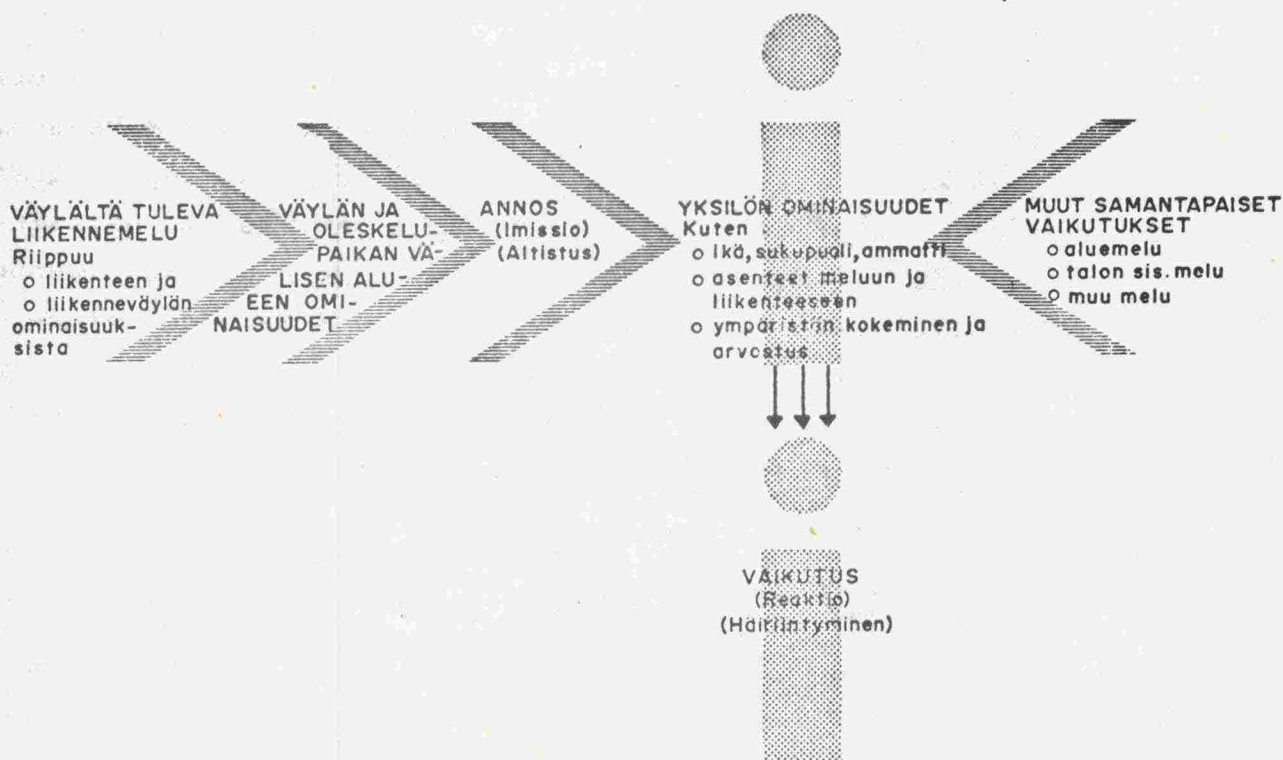
Tieliikenne on nykyään hyvin merkittävä melun lähteiden joukossa. Jotta jonkin verran valaistaisiin sen häiritsevän vaikutuksen laajuutta yhteiskunnassa, tässä selostetaan lyhyesti joidenkin tutkimusten tuloksia. Valtion kansanterveyslaitoksen vuonna 1964 tekemän selvityksen "Meluhäiriöiden esiintyminen yhteiskunnassa" mukaan koko valtakuntaa edustavasta otoksesta noin 20 % häiriintyi moottoriajoneuvojen melusta. Eräästä tutkimuksesta, joka suoritettiin muutamissa keskisuurissa kaupungeissa 1961, ilmeni että tuolloin 15-22 % talouksista häiriintyi tieliikenteen melusta. Tämän jälkeen on tieliikennemelulle alttiiden talouksien lukumäärä kasvanut olennaisesti. Tukholman keskikaupunkiosassa vuonna 1970 suoritettussa tutkimuksessa puolet haastatelluista ilmoitti tulleen katumelun häiritsemäksi.

1.2 Annoksen ja vaikutuksen välinen suhde

Jotta voitaisiin asettaa raja-arvoja hyväksyttävälle melulle, on tarpeen tuntea melun ominaisuuksien ja esiintyvien häiriövaikutusten välinen yhteys. Häiritsevyysastetta, jota kutsutaan myös vaikutukseksi (respons), mitataan esimerkiksi haastattelututkimuksissa saatujen arvostusten perusteella, jolloin melulle alttiiksi saatetut henkilöt saavat ilmoittaa, missä määrin he katsovat tulleen häirityksi.

Vaikutus asetetaan yhteyteen annoksen kanssa, joka on eräs häiriön mitta. On olemassa useita tapoja laskea meluannos, mutta vielä ei ole voitu löytää yhtään hyvin yleisesti käyttökelpoista annosmittaa annoksen ja vaikutuksen välistä yhteyttä varten. Syynä tähän on se, että häiritsevät ominaisuudet eivät riipu ainoastaan melun fysikaalisista ominaisuuksista.

Jos rajoitutaan tietyn tyyppiseen meluun, esimerkiksi tieliikenteen aiheuttamaan meluun, on kuitenkin löydettävissä selvä yhteys vaikutuksen ja suhteellisen yksinkertaisen annosmitan välillä. Periaatteessa voidaan yhteyttä havainnollistaa seuraavalla kuviolla.



Valtion kansanterveyslaitos ja valtion rakennustutkimuslaitos suorittivat 1966-67 tutkimuksen, jonka tarkoituksena oli saada esille annoksen ja vaikutuksen välinen yhteys, joka olisi sopiva suunnittelun ohjeiden perustaksi ¹⁾. Jälleen lähdettiin edellä olevasta periaatekaaviosta. Tutkimustulos osoitti selvän yhteyden yksinkertaisen fysikaalisen meluannoksen mitan ja tieliikennemelun häiritsevyysasteen välillä. Tutkimus muodostaa tärkeän perusmateriaalin. Käytettyä annosmittaa selitetään seikkaperäisemmin myöhemmin. Sen häiritsevyysastetta selittävää luonnetta käsitellään tarkemmin, kun esitetyt imissiorajat esitellään.

1.3 Desibeli ja dB(A)

Tavallisesti käytetään mittaa desibeli (dB) äänen voimakkuuden ilmoittamiseksi. Tällöin verrataan äänen fysikaalista voimakkuutta (äänen intensiteettiä) siihen heikoimpaan ääneen, jonka nuori, normaalikuuloinen keski-vertoihminen voi kuulla. Tällä heikoimmalla äänellä on taso 0 dB. Korvalla on kuitenkin suunnaton mitta-alue tai dynamiikka. Voimakkain ääni, joka voidaan sietää, on intensiteetiltään useita biljoonia kertaa niin suuri kuin heikoin ääni, joka voidaan kuulla. Desibeliasteikko on sen vuoksi logaritminen. Äänellä, jonka intensiteetti on kaksi kertaa niin suuri kuin heikoimman kuultavan äänen intensiteetti, on siis taso 3 dB, jos intensiteetti on 10 kertaa niin suuri, taso on 10 dB, jos intensiteetti on 100 kertaa niin suuri, 20 dB, 1000 kertaa niin suuri, 30 dB jne. Äänillä, jotka ovat niin voimakkaita että ne aiheuttavat kipuaistimuksia, on suurinpiirtein 130 dB:n taso.

Ääni, jossa on pieni määrä värähtelyjä, kuulostaa heikommalta kuin korkeampi ääni, jonka intensiteetti on yhtä suuri. Jos halutaan konstruoida mittalaite, joka antaa

¹⁾ Trafikbuller i bostadsområden. Rapport från byggforskningen 36/68 (Tukholma 1968).

äänen kuulovoimakkuutta vastaavan näyttämän, täytyy sen vuoksi vaimentaa matalia frekvenssejä. Äänen mittauksessa käytetään tästä syystä suodatinta, joka antaa tällaisen vaimennuksen. Käytetään erilaisia suodattimia. Sitä suodatinta, jonka katsotaan parhaiten vastaavan kuulovoimakkuutta, kutsutaan A-suodattimeksi. Mittayksikköä, joka vastaa tällä tavalla mitattua ääntä, kutsutaan dB(A):ksi (desibeli-A). Äänitason lisäys 8-10 dB(A):lla vastaa kuulovoimakkuuden kaksinkertaistumista.

Liikenteen melun mittauksissa samoin kuin monissa muissa melun mittaustavoissa on dB(A) yksikkö, jota tavallisesti käytetään. On kuitenkin olemassa myös muita mittayksiköjä, joilla tiettyjen tutkimusten mukaan on parempi korrelaatio häiriön kanssa, mutta edut ovat käytännössä pieniä eivätkä kompensoi näiden mittojen aiheuttamia mittausteknillisiä vaikeuksia.

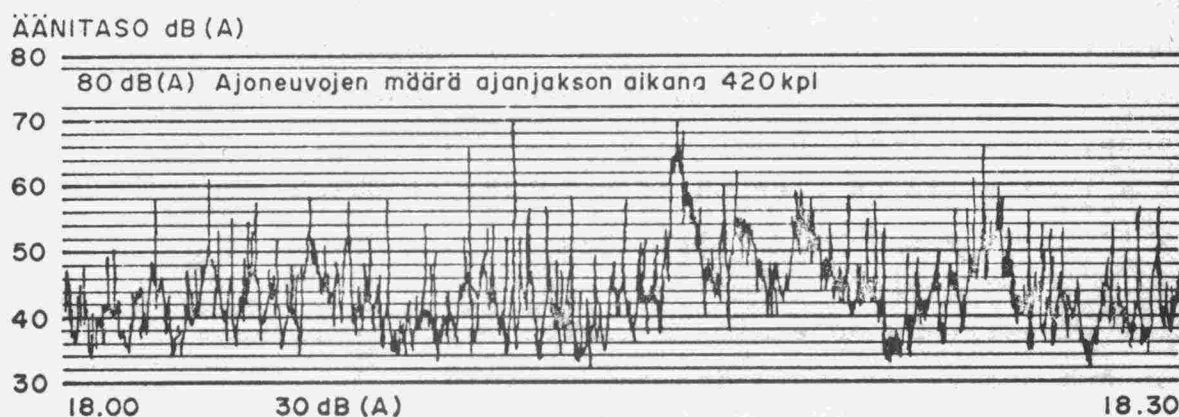
1.4 Annosmitan valinta tieliikennemelulle - ekvivalenttinen äänitaso

Liikennemelulla on jatkuvasti vaihteleva äänitaso. Useissa tapauksissa on käytännöllistä kuvata melua jonkin ajanjakson aikana yhdellä ainoalla luvulla. Kun annetaan ohjeita sallittavasta tieliikennemelusta, halutaan tietysti käyttää melun mittaa, joka toisaalta on helppo mitata ja laskea ja jolla toisaalta on selvä yhteys subjektiiviseen häiriöön.

Ruotsalaisissa rakennusnormeissa annetaan normaalisti korkeimmat äänitasot rakennuksessa oleville koneellisille laitteille. Äänitasoja voidaan tavallisesti suoraan tarkkailla paikan päällä melumittarilla, edellyttäen että huoneen jälkikaiunta-aika on normaali; kalustamattomassa huoneessa syntyvä kaiku nimittäin nostaa melutasoa, ja tällöin on tehtävä vähennys luetusta äänitasosta. Sen vuoksi, että näiden äänien

taso on melko tasainen, on mahdollista käyttää näin yksinkertaista mittaa.

Tieliikenteen aiheuttama melutaso voi vaihdella kuvassa 1 esitettyyn tapaan. Kuva esittää sisällä vallitsevaa tasoa kaupunkikadun varrella ajan funktiona.



Kuva 1.41 Äänitaso mitattuna sisällä välillä 18.00 - 18.30 läpikulkuväylän vieressä Norrköpingissä.

Käsityksen saaminen äänen häiritsevästä vaikutuksesta lukemalla arvo melumittarista tietyssä tilanteessa on käytännöllisesti katsoen mahdotonta, ja tuloksesta tulisi hyvin epävarma. Sen vuoksi muunnetaan vaihteleva äänitaso yhdeksi luvuksi, ja esillä olevassa työssä on valittu muuntaminen ekvivalenttiseksi äänitasoksi. Edellä mainitussa rakennustutkimuslaitoksen ja kansanterveyslaitoksen suorittamassa tutkimuksessa huomattiin, että tällä annosmitalla on selvä yhteys häiritsevyysasteeseen.

Ekvivalenttinen äänitaso on sama annosmitta, jota ensimmäisessä ehdotuksessa näiksi ohjeiksi on nimitetty efektiivitasoksi. Ruotsin sähkökomission (Sveriges elektriska kommission) suosituksen mukaan, joka vastaa Ruotsissa standardoinnista näissä kysymyksissä, tätä annoskäsitettä nykyisin pitää nimittää ekvivalenttiseksi äänitasoksi. Tämä nimitys sopii myöskin yhteen kansain-

välisen standardisoimisjärjestön ISO:n suosittaleman termin "the equivalent sound level" kanssa. Tässä raportissa on käytetty myös lyhennettyä ilmaisuä ekvivalenttitaso, joka silloin tarkoittaa ekvivalenttista äänitasoa. Sen fysikaalista määritelmää selvitetään lähemmin luvussa 4 sivulla 53.

Toisessa suunnitteluyhteydessä, esimerkiksi rakennushallituksen ohjeissa konttoreiden, laboratori-huoneistojen ja yliopistojen suunnittelemiseksi on käytetty liikennemelun voimakkuuden mittana äänitasoa, joka ylitetään 1 %:na ajasta. On huomattava, että tämä mitta on yleensä noin 10 dB yli tässä käytetyn mitan, ekvivalenttitason.

Ekvivalenttitaso on eräs keskiarvon muoto. Valitussa esimerkissä (kuva 1:41) äänitaso vaihtelee 32 ja 72 dB(A):n välillä. Koska dB-asteikko on logaritminen, keskiarvo ei muodostu suoraan niistä luvuista, jotka ilmoittavat tasot, vaan nämä täytyy ensin laskemalla muuntaa vastaaviksi ääni-intensiteeteiksi. Äänihuiput vaikuttavat ekvivalenttitasoon huomattavasti, vaikka ne olisivat hyvin lyhytaikaisia. Jos esimerkiksi oletetaan, että on aivan hiljaista yhden tunnin ajan lukuunottamatta seitsemää sekuntia, jolloin kuorma-auto kulkee ohi ja sen äänitaso on 85 dB(A), saadaan koko tunnin ekvivalenttitasoksi 58 dB(A). Puolen tunnin ekvivalenttitasoksi Norrköpingissä tulee 47 dB(A).

Melun vaihtelut voivat kuitenkin vaikuttaa häiritsevyysasteeseen huolimatta siitä, että ekvivalenttitaso ei muutu. Erityisesti näin on asianlaita, kun melunhuippujen välillä on pitkä aika ja melko hiljaista, toisin sanoen liikenne on harvaa. Ekvivalenttitaso on tällaisissa tapauksissa huonosti sopiva annosmitta. Arvosteltaessa häiritsevyysastetta tulee tällaisissa tapauksissa myös maksimitasot yksittäisten ajoneuvojen kulkiessa ohi ottaa huomioon. Tämän vuoksi on katsottu, että tiettyjä minimietäisyyksiä asuinrakennuksien ja liikenneväylien välillä on sovellettava myös silloin, kun annettua ekvivalenttitasoa ei ylitetä.

Luku 2

MELUN VAIKUTUS - IMISSIORAJA TIELIIKENNEMELULLE

2.1 Melun vaikutukset

2.1.1 Tiedon tarve

Poliittinen kannanotto melukysymyksiin kunnallisessa suunnittelussa edellyttää suunnitteluohjeiden lisäksi tietoa siitä, kuinka melu vaikuttaa eri ihmisiin erilaisissa tilanteissa. Näiden kysymysten arvostelemiseksi on tarpeen tuntea seuraavat seikat:

- Melun häiritsevät tai negatiiviset vaikutukset
- Mahdollisuudet mitata tai ennustaa nämä vaikutukset
- Näiden vaikutusten synnyttämät aktiviteetit
- Eri ihmisryhmät, jotka ovat erityisen herkkiä melulle
- Ajankohdan merkitys melun aiheuttamalle häiriölle

2.1.2 Melun kuuloa vahingoittava vaikutus

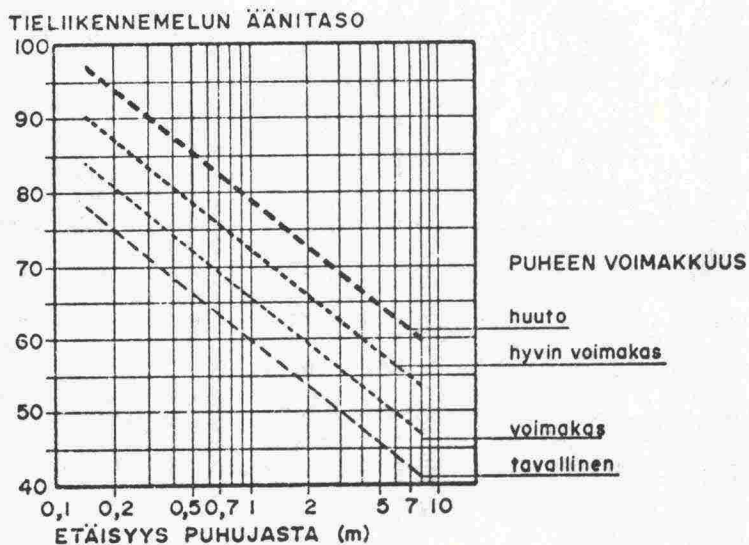
Äänen kuuloa vahingoittava vaikutus on hyvin tunnettu. Sitä esiintyy kuitenkin vain tasoilla, jotka ovat niin korkeita, että niitä ei esiinny imissiorajojen puitteissa yhdyskuntasuunnittelussa.

Ohjearvoksi melun aiheuttaman kuulovahingon ehkäisemiseksi ilmoittaa työsuojeluhallitus 85 dB(A) toimittaessa jatkuvassa melussa 8 tuntia päivisin. Vielä pitempi altistusaika voi aiheuttaa kuulovahinkoja, vaikka intensiteetti tällöin olisi jonkin verran näiden arvojen alapuolella. Melussa työskenteleville henkilöille on hiljainen ympäristö vuorokauden jäljellä olevana aikana sen vuoksi olennaisen tärkeä.

2.1.3 Melun verhoava vaikutus

Kaikki tietävät, että melun esiintyessä voi olla vaikeaa saada selvää puheesta. Normaalikuuloinen henkilö voi tosin käsittää puheen, vaikka puheen äänitaso on jonkin verran taustatason alapuolella terästämällä ja keskittämällä kuunteluaan. Irrallisten sanojen tulee kuitenkin olla 10 dB melun yläpuolella, jotta ne voitaisiin käsittää. Epäjatkua tai lyhytaikainen melu aiheuttaa usein vähäisempiä häiriötä puheelle, jolloin arvataan ne sanat joita melu verhoaa. On kuitenkin väsyttävää kuunnella melun aikana. Sellaiselle henkilölle, joka ei hyvin osaa kieltä, jää usein pois arvaamisen mahdollisuus, minkä vuoksi käsitettävyyys voi hävitä kokonaan.

On olemassa erilaisia tapoja fysikaalisista tiedoista lähtien arvioida melun puheen kanssa interferoivaa vaikutusta, ts. mitata puheen interferenssitäsoa. Kuva 2.11 esittää äänen voimakkuuden, etäisyyden ja melutason välisen yhteyden, jotta puhe voitaisiin käsittää. Puheen interferenssitäso on tällöin likimääräisesti muutettu dB(A):ksi. Tieliikennemelun äänitaso kuvassa on taso keskustelutilanteessa, joka siis voi olla korkeampi kuin ekvivalenttinen äänitaso.



Kuva 2.11 Melun keskustelua häiritsevä vaikutus. Liikennemelun taustatason, puhujasta lasketun etäisyyden ja tarvittavan äänenvoimakkuuden suhde, jotta normaalikuuloinen henkilö voisi käsittää puheen.

2.1.4 Melun fysiologiset vaikutukset

Melu voi aiheuttaa fysiologisia vaikutuksia, kuten suonien supistumista, pupillin suuruuden kasvamista ja vaikutusta hengitykseen. Näitä voi esiintyä jo äänitasoilla 40 - 60 dB. Ei ole selvitetty, missä laajuudessa nämä vastavaikutukset ovat vahingollisia ihmisille.

Eräs melun vaikutusta lapsiin tutkinut venäläinen tutkija suosittelee ehdollisten refleksien (refleksejä, joita ei voida hallita tahdolla) sen viivytyksen perusteella, jonka hän on todennut, että taustamelun lapsien leikki-paikalla ei tulisi olla suurempi kuin 40 dB. Muut venäläiset tutkijat, jotka ovat tutkineet mm. lihasten toimintaa unen aikana, ovat sitä mieltä, että melun asuinhuoneessa ei tulisi ylittää noin 35 dB.

2.1.5 Melun vaikutus uneen

Melun unta häiritsevä vaikutus on hyvin tunnettu. Hyvä uni merkitsee paljon terveydelle, minkä vuoksi meluhäiriöt voivat aiheuttaa sekä somaattisia (ruumiillisia) että psyykkisiä vaaroja terveydelle. Melu voi häiritä unta, ilman että nukkuva herää, sen vuoksi että unen syvyys muuttuu. Melu voi myöskin aiheuttaa huomattavia vaikeuksia nukahtamiselle tai nukahtamiselle uudestaan sellaiselle henkilölle, joka kerran on melun vuoksi heränyt.

Kuitenkaan ei ole esitetty mitään tieliikennemeluun otettaviin kannanottoihin suoraan sovellettavia yhteyksiä melutason ja unen häiriintymisen välillä. Suoritetut tutkimukset osoittavat suuria yksilöllisiä vaihteluja. Useimmat tutkimukset ovat olleet luonteeltaan lyhytaikaisia laboratoriokeiluja. Suoritetuissa tieliikennemelua koskevilla sosiologisilla tutkimuksilla on luonnollisesti unihäiriöiden esiintyminen muodostanut erään syistä siihen, että haastatellut henkilöt ovat sanoneet olevansa häiritettyjä. Liikennemelun aiheuttamien unihäiriöiden huomioonottaminen perustuu toistaiseksi näihin tietoihin subjektiivisesti koetuista haitoista.

2.1.6 Melun psykologiset vaikutukset

Psykologisin testein on suoritettu kokeita objektiivisten mittojen saamiseksi melun psykologisille vaikutuksille. On käytetty mm. tarkkaavaisuuskoetta ja hienomotoriikkatestiä.

Näistä kokeista on voitu tehdä tiettyjä yleisiä johtopäätöksiä melun vaikutuksesta.

- Melu häiritsee enemmän työn laatua kuin määrää.
- Työn laatu vaihtelee. Parempi laatu aikaansaadaan keskittymistä ja ponnistamista lisäämällä.
- Melu estää tai vaikeuttaa sellaisen työn suorittamista, joka vaatii paljon ihmisen kyvyiltä. Aktiviteettiin vaikutetaan siis sitä enemmän mitä enemmän keskittymistä ja ponnistamista tehtävä vaatii.
- Huomio keskitetään työn keskeisiin kohteisiin, kun taas muut jäävät vähemmälle. Melu voi sen vuoksi aiheuttaa onnettomuusalttiuden kasvamisen.

"Valkoisella melulla" (ääni, jolla on tasainen frekvenssijakautuma) täytyy olla äänitaso, joka on vähintään 70 dB, jotta se tulisi selvästi esille keinotekoisissa olosuhteissa suoritettussa psykologisessa testissä. Jos melu on sitä vastoin jaksotaista, odottamatonta tai jos se sisältää tietoa, se voi selvästi ilmetä huomattavasti alemmilla tasoilla.

Subjektiivista haitan kokemista on tutkittu sosiologisin menetelmin. Tässä yhteydessä on osoittautunut, että kokemiseen vaikuttavat hyvin voimakkaasti asenteet meluun ja ympäristöön. Rakennustutkimuslaitoksen ja kansanterveyslaitoksen yhteisesti suorittama tutkimus antaa ruotsalaisiin olosuhteisiin tähän saakka parhaiten soveltuvan ja luotettavimman tietouden liikennemelun subjektiivisten haittojen kokemisesta. Tämä tutkimus osoittaa, että jo melutason ollessa ulkona n. 50 - 55 dB(A), joka vastaa sisällä tasoja noin 30 dB(A) vuorokauden

ekvivalenttitasona, asukkaista noin 15 - 20 % kokee tulleen häirityksi. Tätä tutkimusta ja siitä tehtäviä johtopäätöksiä käsitellään lähemmin osassa 2.2.1, jossa selostetaan valittuja imissiorajoja.

2.1.7 Melu stressin aiheuttajana

Stressi on yleinen ilmaus elimistön vastavaikutuksille erilaisiin rasituksiin. Stressireaktio on tarpeellinen ja monta kertaa tarkoituksenmukainen. Kun tavanomaisessa puheessa käytetään stressikäsitettä, tavallisesti tarkoitetaan sen epäsuotuisia, epämiellyttäviä ja vahingollisia seurausvaikutuksia.

On useita tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa stressiä. Kysymystä siitä, onko melu sellainen stressin aiheuttaja, joka voi aiheuttaa psykosomaattisia tai psyykkisiä sairauksia, ei ole täydellisesti ratkaistu, mutta tietyt kokemukset osoittavat, että näin on asianlaita. Täysin on selvitetty, että yhtäkkinen melu voi aiheuttaa äkillisen stressireaktion, joka on yhteydessä siihen, että kuulo muodostaa hyvin herkän hälytysjärjestelmän.

Joskus voidaan tottua meluun. Tottuminen tarkoittaa, että tietty melusignaali luetaan kuuluvaksi tavallisessa tapauksessa tiedostamattomaan taustameluun. Jos melun intensiteetti vaihtelee, melun luonne muuttuu, melu ei ole tunnettua tai sisältää jotain muuta erityistä informaatiota, tottuminen on vähäistä. Vaikutukset voivat sen sijaan vahvistua ja kasaantua.

Stressireaktioiden ja liikennemelun tietyn äänitason välisiä yhteyksiä ei tunneta nykyään, mutta ne subjektiivisesti esitetyt häiriöt, joita on esiintynyt edellä mainituissa sosiologisissa tutkimuksissa, ovat kuitenkin riittäviä ilmauksia siitä, että stressireaktioiden vaara on olemassa jo näissä tutkimuksissa mainituissa äänitasoissa.

2.1.8 Yksilölliset eroavuudet herkkyydessä

On hyvin tunnettua, että sairailta ja huonokuntoisilla henkilöillä usein on heikentynyt vastustuskyky ulkoisia häiriöitä vastaan. Sairailta voi siis olla liisääntynyt herkkyys melun suhteen, joka mm. voi laskea kipukynnystä. Voi olla todennäköistä, että sairaille ja tuskaisille henkilöille, joiden on vaikea tottua erilaisiin kiihokkeisiin, mm. meluun, toistuvat meluhäiriöt aiheuttavat stressiä ja muodostavat ratkaisevan tekijän, joka voi johtaa sairauteen. Melu voi muodostaa erityisen vaaran tuskaisille ja rauhattomille potilaille mielisairaalassa.

Huonokuuloisten henkilöiden on muita vaikeampi selviytyä, kun esiintyy taustamelua. Keskustelua, jonka normaalikuuloinen voi käsittää terästäällä tarkkaavaisuuttaan, voi kuulovammaisen henkilön olla aivan mahdotonta kuulla. Myös niille, joilla on erityisiä apuvälineitä kuten kuulokkojeita kuulovaurioiden kompensoimiseksi, taustamelu muodostaa hyvin rasittavat tekijän. Kuulolaitte ei voi ihmiskorvan tapaan keskittää kuuntelua tiettyihin ääniin, vaan vahvistaa kaikkia, minkä johdosta taustamelu voi tehokkaasti verhota esimerkiksi keskustelua. Koulutushuoneissa, joissa melun verhoava vaikutus on mitoittava sallittaville rajoille, tämä ihmisryhmä täytyy erityisesti ottaa huomioon varsinkin siksi, että heidän mahdollisuutensa itse valita koulunsa tai kouluhuoneensa ovat rajoitettuja.

Sellaiset ominaisuudet kuten ikä, sukupuoli, siviilisääty jne. eivät ole aiheuttaneet merkittäviä eroavuuksia koettuihin häiriöihin haastattelututkimuksissa.

2.1.9 Ajankohdan merkitys meluhäiriöille

Meluhäiriöiden ajankohdan huomioonottaminen on olennaista suunnittelun suosituksissa. Herkkyys melulle on erityisen suuri ihmisen nukkuessa, levätessä ja

virikistäytyessä mm. sen vuoksi, että totuttautumiskyky silloin on pieni. On tärkeää, että melutaso on alhainen nukahtamisen hetkellä, mutta myös aikaisin aamulla, kun uni on pinnallisempaa. Lisäksi tulee kiinnittää huomiota vuorotyöläisten samoin kuin sairaiden, vanhusten ja pienten lasten mahdollisuuteen saada lepoa päivällä.

Tieliikenteen vuorokausivaihtelut ovat jokseenkin säännöllisiä. Usein käytetty melumitta vuorokauden ekvivalenttitaso sisältää normaalisti yötason, joka on olennaisesti matalampi kuin päivätaso. Koska päivätaso antaa täysin dominoivan lisäyksen vuorokausiarvoon, niin yötaso voi kuitenkin vaihdella melko laajoissa rajoissa, ilman että tämä suoraan ilmenee vuorokausiarvosta. Jotta säilytettäisiin vaatimukset alhaisesta yötasosta, on sen vuoksi sopivaa antaa erilliset imissiorajat päivälle ja yölle. Aikakäsitteet yö ja vastaavasti päivä tulee määrittellä niin, ettei liikenteen vuorokausijakautuman ollessa normaali mikään lyhyt osajakso yksin tule määrääväksi ekvivalenttitasolle. Näitä olosuhteita selostetaan lähemmin kohdassa 3.1.5.

Myös vuodenaika on tärkeä meluhäiriön arvostelemisessa. Kesällä ovat ikkunat useammin auki ja asukkaat ovat enemmän ulkona kuin talvella. Tämä voidaan ottaa huomioon sillä tavoin, että liikenneväylillä, joilla on olennaisesti suurempi kesäliikenne kuin talviliikenne, kesän keskivuorokauden liikennemäärä eikä vuoden keskivuorokausiliikenne otetaan lähtökohdaksi arvioinneille.

2.2 Melun vaikutus eri toimintoihin

2.2.1 Aukkaat - asunnot

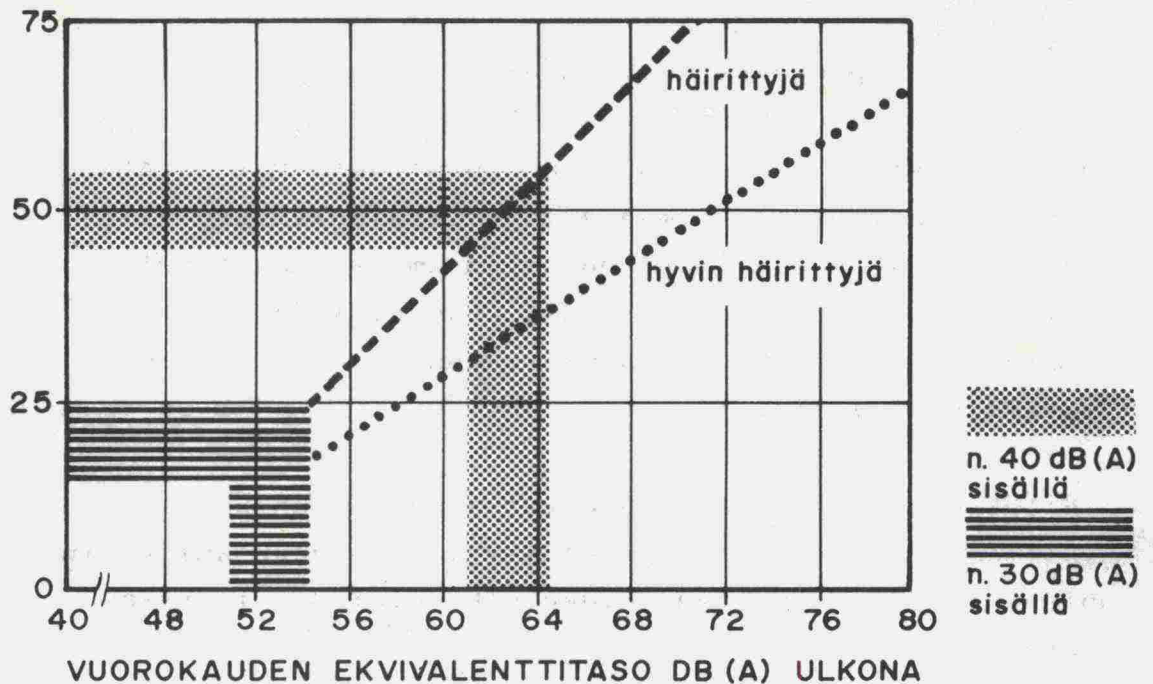
Häiriöt virikistymisen, levon ja unen aikana ovat erityisen vaikeita hyväksyä. Melu aiheuttaa rasittumista ja poistaa mahdollisuuden lepoon ja virikistymiseen. Asuntojen asuinhuoneissa nämä häiriöt ovat ratkaisevia melun sallittaville arvoille. Asunto on useimmille ihmiselle se paikka,

jossa he saavat pääasiallisen levon ja virkistymisen.

Unihäiriöiden, psykologisten reaktioiden ja stressin muodossa esiintyvät vaikutukset pitää sen vuoksi ottaa lähtökohdaksi suosituksissa. Mahdollisuudet asettaa nämä tekijät yhteyteen asuinhuoneiden ääni-ilmaston kanssa ovat tähän saakka rajoittuneet sosiologisten tutkimusten tuloksiin, joissa subjektiiviset liikennemelun häiriöt on asetettu yhteyteen ulkona vallitsevan vuorokauden ekvivalenttitason kanssa desibeli (A):na. Ruotsalaisissa oloissa kannanotot voivat perustua valtion rakennustutkimuslaitoksen ja valtion kansanterveyslaitoksen edellä mainittuun tutkimukseen "Trafikbuller i bostadsområden". Subjektiivisia reaktioita koskevia johtopäätöksiä on vaikea tehdä vertaamalla ulkomaisiin olosuhteisiin, koska näihin reaktioihin vaikuttavat voimakkaasti sosiaaliset tekijät ja elinolosuhteet.

On pyrittävä sellaisiin äänitason arvoihin, että sen tyyppisten haittojen, joilta halutaan välttää, voidaan odottaa esiintyvän ainoastaan poikkeuksellisesti.

Tutkimuksessa "Trafikbuller i bostadsområden" häiritettyjen ja vastaavasti hyvin häiritettyjen prosentuaalinen osuus normaaliväestöstä oli asetettu suhteeseen liikenteen melutason kanssa, joka oli ilmaistu vuorokauden ekvivalenttitasona desibeli (A):na (kts. diagrammi seuraavalla sivulla). On siis voitu esittää, että liikennemelutasojen vastatessa sisällä asuinhuoneistoissa noin 30 dB(A):ta vuorokauden ekvivalenttitasona voidaan laskea 15-20 % asukkaista ilmaisseen tulleet häirityksi. Ei ole olemassa mitään perustaa niiden vaikutusten arvioimiseksi, jotka aiheutuvat äänitason laske-
misesta edelleen.



Kuva 2.21

Kuten aikaisemmin on esitetty, on sopivaa lähteä erillisistä arvoista päivän ja yön äänitasolle. Jotta saataisiin tavoiteltu melutaso, ekvivalenttitason sisällä asuinhuoneistossa ei tule ylittää seuraavia arvoja:

35 dB(A) klo 06 - 18

25 dB(A) klo 23 - 06

Nämä arvot vastaavat normaalisti päivän ekvivalenttitasoa välillä 30 - 35 dB(A). Liikenneväylille, joilla yöliikenteen osuus on suhteellisen suuri, vastaava vuorokausiarvo on noin 30 dB(A) ja yöliikenteen osuuden ollessa pieni noin 35 dB(A). Yöarvot tulevat määrääviksi, kun yöliikenne on suurempi kuin 6 % päiväliikenteestä. Kellonajat on valittu niin, että ajoneuvoliikenne niiden välisenä aikana normaalisti on riittävän tasainen, jotta ekvivalenttitaso voi muodostaa tyydyttävän mitan melutilanteelle (ääni-ilmasto).

Illalle ei ole esitetty erityisiä arvoja. Liikenteen jakautuman ollessa normaali illan arvot ovat esitettyjen arvojen välissä. Illan jättäminen pois on eräs yritys yksinkertaistaa soveltamista. Tämä ei tarkoita tietenkään sitä, että illalla voitaisiin sallia korkeampia tasoja kuin päivällä.

Tietyissä tapauksissa liikennettä on kuitenkin niin vähän, että ekvivalenttitaso on epätyydyttävä häiriön mitta. Yksittäinen ohikulkeva kuorma-auto voi herättää useita ihmisiä, ilman että ekvivalenttitaso ylittää 25 dB(A) yöllä. Sen vuoksi on imissiorajat esitettävään taulukoihin esitetyissä kommentteissa annettu tietyt minimietäisyydet asuinrakennusten ja liikenneväylien välille.

Tällaisen yksittäisen ajoneuvon aiheuttaman häiriön välttämiseksi tarvittavaa etäisyyttä voidaan kuitenkin pienentää, jos asuinhuoneiden ulkoseinien eristystä parannetaan.

On sopivaa antaa eri imissiorajoja huoneiston eri tiloille. Tämän vuoksi on suositeltavaa pyrkiä antamaan huoneistolle pohjaratkaisu, joka pienentää meluhäiriöitä. Asunnon aputiloissa kuten sen keittiössä voidaan hyväksyä jonkin verran korkeampia tasoja. Niinpä esitetään, että ekvivalenttitasojen päivällä näissä tiloissa ei tulisi ylittää 40 dB(A). Erityisten yöarvojen antamista ei ole katsottu tarpeelliseksi.

Parantamalla ikkunoiden ääneneristystä voidaan sisällä vallitsevat melutasot saada hyväksyttäviksi, vaikka ulkona olisi melko meluista. Jos tällaisia konstruktioita käytetään, on otettava huomioon, että on toivottavaa voida avata ikkuna, ilman että äänitaso tulee liian korkeaksi. Sen vuoksi esitetään, että asuinrakennus tulee suunnitella niin, että jokaisessa huoneistossa ainakin puolessa asuinhuoneista voidaan annetut ekvivalenttitaso-arvot saavuttaa käyttämällä nykyisessä tuotannossa esiintyviä ulkoseinäkonstruktioita (katso myös kohta 3.3).

Myös ulos tulee pyrkiä saamaan miellyttävä äänilmasto. Leikkipaikoiksi ja virkistymiseen varustetuilla alueilla esitetään yleiseksi korkeimmaksi ekvivalenttitasoksi päivän liikennemelulle 35 dB(A). Tällöin ei tarkoiteta yhteysalueita liikenneväylien

läheisyydessä, pysäköintialueita jne. Yksityiskohtaisemmassa tutkimuksessa yksittäisessä tapauksessa voi olla sopivaa pyrkiä alhaisempaan melutasoon oleskelualueilla, samalla kun tulee hyväksyä korkeampia arvoja tietyissä tapauksissa alueilla, joilla esiintyy liikkumistoimintoja.

2.2.2 Työt - työhuoneistot

Monet työpaikat ovat sinänsä meluisia. Kuulon heikkeneminen ammattitautina ei ole epätavallista. Näitä olosuhteita ei kuitenkaan käsitellä tässä vaan niitä kohtuullisempia ulkoa tulevia liikennemelun tasoja, jotka voivat häiritä työssä olevaa henkilöä. Tämä rajoitus tarkoittaa myöskin, että tässä esityksessä käsiteltävillä toimenpiteillä ei voida vaikuttaa niihin työskentelytilanteisiin, joissa toiminta sinänsä on niin meluavaa, että liikennemelu ei aiheuta lisää äänitason suurenemista. Tällainen on tapaus, kun äänitaso on 10 dB(A) tai enemmän sisällä vallitsevan tason alapuolella.

Osassa 2.1.6 on selostettu melun vaikutusta työskentelyn tehokkuuteen. Liikennemelun vaikutuksista on lähinnä otettava huomioon psykologiset vaikutukset, stressivaikutukset ja keskustelua häiritsevät vaikutukset. Ei ole olemassa mitään aivan yksiselitteistä perustaa, mutta on kuitenkin todennäköistä, että voidaan hyväksyä jonkin verran korkeampia tasoja kuin levon ja virkistykseen ollessa kyseessä. Tutkimuksen avulla objektiivisesti varmistetut vaikutukset työhön esiintyvät tasoilla, jotka ovat olennaisesti korkeampia kuin subjektiivisia häiriöitä vastaavat tasot. Sen vuoksi esitetään, että liikennemelun ekvivalenttitason päivällä klo 06 - 18 ei tule ylittää 40 dB(A) työpaikoilla, joissa huoneiston sisällä tuotettu melu ei ole 10 dB(A) suurempi kuin liikennemelu.

2.2.3 Koulutus - koulutushuoneistot

Samoin kuin muihin työn muotoihin liikennemelu vaikuttaa suorituskyykyyn koulutuksen yhteydessä. Koulutustilanne

on kuitenkin erityisen herkkä, koska kuunteleminen muodostaa olennaisen osan toiminnasta. Tämä koskee luonnollisesti sekä pakollista koulutusta että vapaaehtoisempaa eri laatuista koulutusta kurssi- ja kokoushuoneistoissa. Hyvin tärkeä seikka kaikissa näissä tapauksissa on, että suhteellisen pitkien etäisyyksien päähän (tietyissä tapauksissa aina 10 - 20 m:n päähän) voidaan käsittää puhutut sanat.

Melun verhoavat vaikutukset tulevat ratkaiseviksi niissä äänitasoissa, jotka voidaan sallia koulutus- huoneistoissa. Puheen käsitettävyyttä, joka on asetettu suhteeseen äänen voimakkuuden, puhujasta lasketun etäisyyden ja äänen tason kanssa, selostetaan sivulla 14 olevassa diagrammissa. Jo ekvivalenttitason ollessa noin 35 dB(A) tavallisessa luokkahuoneistossa on tiettyjen oppilaiden vaikea käsittää mitä sanotaan. Erityisesti niiden oppilaiden suorituskkyky, jotka myös muutoin joutuvat ponnistamaan koulussa, voi olennaisesti huonontua. Niinpä esitetään, että päivän ekvivalenttitason ei tule ylittää 35 dB(A) huoneistoissa, joissa suoritetaan opetusta. Suurempien luentosalien osalta esitetään, että on pyrittävä alhaisempiin arvoihin.

Mahdollisuudet sijoittaa yksittäinen oppilas opetushuoneessa ottaen huomioon oppilaan herkkyyden meluhäiriöille ovat hyvin rajoitetut. Sen vuoksi on syytä erityisen tarkkaan ottaa huomioon opetushuoneistoille suositellut raja-arvot.

Koulujen yhteydessä voi myöskin olla tarpeen ottaa huomioon liikenteen melun aiheuttamat häiriöt ulkona, jos koulupihojen tulee voida tarjota oppilaille tarkoitettu virkistys. Tämä pätee siitä huolimatta, että leikkivien lapsien aiheuttama äänitaso joskus voi olla hyvin korkea. Koulupihoja varten esitetään, että päivän ekvivalenttitason ei tule ylittää 55 dB(A). Koulupihojen tietyissä osissa suoritetaan myös opetusta. Tällaisilla alueilla on pyrittävä vielä enemmän rajoittamaan

liikenteen melutasoa.

2.2.4 Hoito - sairaan- ja terveydenhoitolaitokset

Hoidettaessa sairaita ihmisiä melu voi vaikuttaa häiritsevästi toisaalta sen vuoksi, että hoitoa tarvitseva tulee häirityksi, toisaalta sen vuoksi, että hoito- ja tutkimustoimenpiteet vaikeutuvat. Lähinnä puhtaasti psykologiset vaikutukset sekä unelle aiheutuvat häiriöt melusta ovat ratkaisevia sallittaville tasoille.

Hoitolaitoksessa hoidettavalle on monella tavalla melun suhteen asianlaita sama kuin sairaalle asunnossa. Sairaathenkilöt voivat usein olla herkempiä kuin terveet stressiä aiheuttaville tekijöille kuten melulle. Kaikesta huolimatta sairaat ihmiset kuitenkin jatkuvast huomattavalta osin asuvat asuinhuoneissa eivätkä ole hoitolaitoksissa, jolloin tämä herkkyys myös vaikuttaa asunnoissa sallittavien rajojen valintaan. Tiedot häiritsevyysasteesta asuinhuoneistoille annetuilla melutasoilla eivät myöskään vielä ole riittäviä, jotta nämä melutasot voitaisiin ottaa lähtökohdaksi raja-arvoille. Sallittaviksi melutasoiksi terveyden- ja sairaanhoitolaitoksille on sen vuoksi esitetty samoin kuin asuinhuoneistoille päivän ekvivalenttitasoksi korkeintaan 35 dB(A) ja yön ekvivalenttitasoksi 25 dB(A).

Luku 3

TOIMENPITEET TIELIIKENNEMELUN TORJUMISEKSI

3.1 Liikenteeseen ja ajoneuvoihin kohdistuvat toimenpiteet

3.1.1 Ajoneuvojen rakenne

Lähinnä käytettävissä oleva toimenpide liikennemelun rajoittamiseksi on moottoriajoneuvojen konstruointi siten, että ne meluavat vähemmän. Autoilla on olennaisesti lyhyempi kesto aika kuin rakennuksilla. Todennäköisesti myös melun torjunnan kokonaiskustannukset tulevat pienemmiksi ajoneuvoihin kohdistuvissa toimenpiteissä kuin rakennuksiin kohdistuvissa toimenpiteissä. Kysymys ei kuitenkaan kuulu tämän esityksen aihepiiriin, jonka tarkoituksena on käsitellä fyysisen yhdyskuntasuunnittelun alueella suoritettavia toimenpiteitä. Ottaen huomioon toivomuksen emissio- ja imissionormien lähemmästä yhteensovittamisesta on kuitenkin tuntunut sopivalta jonkin verran selostaa toimenpiteitä, jotka kohdistuvat ajoneuvokonstruktioihin.

Monet ajoneuvon osat aiheuttavat liikkeessä ollessaan voimakkuudeltaan ja ominaisuuksiltaan erilaisia ääniä, jotka yhdessä muodostavat ajoneuvosta lähtevän melun. Melua aiheuttavat pakokaasujen lisäksi myös esimerkiksi tuuletin, vaihdelaatikko, renkaat ja kori. Ajoneuvojen ajaessa suhteellisen suurilla nopeuksilla - yli 70 km/h - ovat ennen kaikkea renkaista lähtevät äänet melun kannalta merkittäviä.

Melun intensiteetti riippuu suuresti määrin käyttöolosuhteista. Vaikuttavia tekijöitä ovat nopeus,

ajotapa (moottorin kuormitus), renkaiden ja ajoradan ominaisuudet.

Ajoneuvojen rakenteeseen kohdistuvat toimenpiteet ovat mahdollisia useiden meluavien osien kohdalta. Pakokaasuäänien parempi vaimentaminen on useissa tapauksissa helposti aikaansaatavissa. Vaikeudet tulevat kuitenkin merkittäviksi, kun on kysymys muista melulähteistä, esim. palamisesta moottorissa. Renkaista ja korista suurilla nopeuksilla lähtevään meluun on erityisen vaikea vaikuttaa. Raskaiden ajoneuvojen osalta voidaan kuitenkin saada hyviä tuloksia uusien materiaalien ja uusien konstruktoiden avulla. Uusina rakenteina tulevat kysymykseen esim. esipolttotila ja sylinteriseinämät sekä moottorin kotelointi.

Tieliikenneasetuksessa (vägtrafikförordningen) on joitakin määräyksiä, jotka koskevat ajoneuvojen melua. Näissä säädetään, että auton ja moottoripyörän tulee olla varustettu "tehokkaalla järjestelyllä häiritsevien äänien lähtemisen estämiseksi pakokaasuista" (äänenvaimentimet) (§ 3 ja 4). Edelleen sanotaan, että ajoneuvon kuljettajan "tulee käsitellä ajoneuvoa niin, että se ei aiheuta tarpeetonta melua" (§ 58).

Ajoneuvojen tarkastuksesta säädetään 23 §:ssä, jossa puhutaan nk. lentävästä tarkastuksesta. Katsastusmies voi vaatia omistajan poistamaan huomatu virheet. Määräyksissä tarkastuskatsastuksesta sanotaan, että jos ajoneuvossa on "virheitä, jotka ovat merkitykseltään ainostaan vähäisiä liikenneturvallisuuden kannalta, ajoneuvo tulee hyväksyä". Tämä määräys tarkoittanee, että lopullisessa pakollisessa uusintatarkastuksessa nykyään ei voida olla hyväksymättä ajoneuvoja, joissa äänenvaimennus on epätydyttävä.

Yleisenä arviona voimassa olevista ruotsalaisista määräyksistä voidaan sanoa, että ne ovat aivan liian epämääräisiä ja yleisluontoisia, jotta ne voisivat muodostaa tehokkaan perustan tarpeettoman melun torjumiseksi. Se, että täsmennettyjä määräyksiä ei ole laadittu, johtuu suurelta osalta siitä, että ei ole olemassa kansainvälisesti hyväk-

syttyjä sääntöjä ajoneuvon melun mittaamiseksi eikä yhtenäisiä rajoja sallitulle melulle.

Ajoneuvojen melun mittaamiseksi on kuitenkin kansainvälinen standardisoimisjärjestö (ISO) nyt laatinut suositukset, jotka on asetettu ruotsalaisen standardin SIS 02 51 31 "Ajoneuvomelun mittaaminen" perustaksi. Tämän mittausmenetelmän perusteella on YK:n taloudellisessa komissiossa Eurooppaa varten (ECE) laadittu ehdotus ajoneuvomelun raja-arvoiksi (emissionormit). Mittausmenetelmät ja ECE:n hyväksymät raja-arvot on myös pienin tarkistuksin otettu EEC:n piirissä noudatettaviksi määräyksiä.

Ajoneuvolaji	Ehdotettu maks.arvo
Moottoripyörät, 2- ja 4-tahtiset	82 - 86 dB(A)
Henkilöautot ja vastaavat	84 dB(A)
Kuorma-autot ja bussit	
kok.paino < 3.5 t	85 dB(A)
kok.paino > 3.5 t	89 - 92 dB(A)

Taulukko 3.11 ECE:n esittämä ehdotus emissionormeiksi.

Melun torjuntaa käsittelevässä yleisessä keskustelussa on tuotu esiin, että ECE:n raja-arvot ovat aivan liian väljiä, jotta ne tarkoittaisivat edistysaskelta taisteltaessa melua vastaan. Kun on kysymys henkilöautoista, näyttää siis olevan niin, että kaikki normaalit autot varustettuna alkuperäisillä äänenvaimentimilla jo nyt aiheuttavat pienemmän melun kuin ehdotettu raja-arvo. Tiedetyt kuorma-autot ja bussit aiheuttavat nykyään kuitenkin ehdotettua raja-arvoa suuremman melun. Kuorma-autojen moottoritehojen kehittyessä suuremmiksi, joka on

toivottavaa liikenneturvallisuussyistä, tapahtuu myös siirtymistä meluavampiin ajoneuvoihin.

On keskusteltu ECE-säännön ottamisesta emissionormiksi Ruotsissa ensimmäisenä vaiheena ja samanaikaisesta tiedottamisesta tulevaisuudessa tehtävistä täsmennyksistä, jotka suoritetaan kun on olemassa riittävästi mittausperustaa. Valtion liikenneturvallisuuslaitos (statens trafiksäkerhetsverk) on viranomainen, joka tiedottaa ajoneuvojen rakennetta koskevista määräyksistä. Vuonna 1969 aloitetulla liikennemeluselvityksellä on tehtävänä mm. jättää ehdotus emissionormitukseksi. Emissionormitus voi sisältää suuria helpotuksia, erityisesti suhteellisen vanhojen rakennusten ollessa kysymyksessä. Vaikutusta on kuitenkin vielä vaikea arvioida. Renkaista ja korista suurilla nopeuksilla lähtevä melu ei muutu niiden toimenpiteiden johdosta, joista nykyään keskustellaan. Tämän vuoksi näyttää tuskin olevan loppuun harkittua yhdyskuntasuunnittelussa etukäteen suorittaa parannuksia antamalla korkeampia imissionormeja.

3.1.2 Ajoneuvojen nopeus

Kuten on mainittu, meluimissio riippuu ajoneuvojen nopeudesta. Nopeuksien ollessa pienempiä kuin 70 km/h moottori- ja pakokaasuäänet ovat hallitsevia, nopeuksien ollessa suurempia kuin 70 km/h korkeampifrekvenssiset vauhtiäänet ovat hallitsevia. Myös melun spektri muuttuu nopeuden mukana.

Laboratoriomittaukset osoittavat, että ajoneuvojen nopeuden kaksinkertaistuminen ajettaessa tietyllä vaihteella merkitsee melun maksimitason kasvamista noin 10 - 13 dB(A):lla. Eräs englantilainen tutkimus antoi lisäykseksi 11 dB(A):ta kuorma-autoille ja 13 dB(A) henkilöautoille. Jos käytetään suurempaa vaihdetta suuremmalla nopeudella, erot tulevat pienemmiksi. Voidaan sanoa, että 9 dB:n ero vastaa nopeuden korottamista 50:stä 100 km/h:iin.

Käytännössä yksittäisiä ajoneuvoja ajetaan liikennevirrassa eri nopeuksilla. Kulloisestakin liikennekuormituksesta, nopeusrajoituksesta, tien geometrian standardista sekä säästä riippuen myös ajoneuvovirran keskinopeus vaihtelee. Vuorokauden suurimman osan aikana voidaan kuitenkin olettaa, että käytetään lähellä suurinta sallittua nopeutta olevia keskimääräisiä nopeuksia. Maaseutuolosuhteissa ja sallitun nopeuden ollessa suuri nopeuserot ovat suurempia, ja normaalisti keskinopeus ei lisäännysuhteessa siihen, mikä olisi mahdollista nopeusrajojen puitteissa.

Suunnittelutilanteessa esiintyy vaikeuksia arvioida, mikä tulee olemaan todellinen nopeus. Ohjeissa on valittu sellainen menettely, että emissiosidotaan liikenneväylien suunniteltuun nopeusstandardiin. Tämä helpottaa yhteensovittamista muun fyysisen suunnittelun kanssa. Liikenneturvallisuussyistä pyritään differentioituun tiejärjestelmään, jossa liikenneväylän geometrisen standardin tulee olla sopusoinnussa väylän tehtävän kanssa. Geometrista standardia luonnehtii parhaiten valittu nopeusstandardi.

Paikallaan pysyvälle melun kohteelle samanaikaisesti lisääntyvät nopeudet aiheuttavat yksittäisestä ajoneuvosta tulevan äänen keston lyhenemisen. Vastaanotettu annos pienenee, mikä vaikuttaa ekvivalenttitasoon ja siten kuulovaikutelmaan.

Seuraavassa taulukossa on esitetty se ekvivalenttitason muutos, jota voidaan odottaa liikenneväylän korkeinta sallittua nopeutta korotettaessa tai laskettaessa muutoin samanlaisissa olosuhteissa. Taulukkoa tulee käyttää ainoastaan likimääräisissä nopeusrajoitusten vaikutusten arvioinneissa. Yksittäisissä tilanteissa tulee suorittaa laskelmat luvun 4 mukaan. Taulukkoarvot edellyttävät muuttumatonta liikennemäärää ja liikenteen koostumusta

sekä normaalia raskaan liikenteen osuutta ja normaalia vuorokausivaihtelua.

Alkuperäinen nopeus km/h	Uusi nopeusrajoitus				
	50	70	90	110	130 km/h
130			-3	-1	0
110		-5	-2	0	+1
90	-5	-3	0	+2	+3
70	-2	0	+3	+5	
50	0	+2	+5		

Taulukko 3.12 Ekvivalenttitason muutos dB(A):na korkeimman sallitun nopeuden muuttuessa.

Nopeusrajaa muutettaessa tulee ottaa huomioon, että uuden rajan täytyy olla kohtuullinen ja käytännössä mahdollinen valvoa. Jos korkein sallittu nopeus asetetaan alhaiseksi liikenneväylällä, jolla on muutoin korkea standardi, nopeuden ylitykset tulevat tavallisiksi eikä rajoituksella saada tarkoitettua vaikutusta.

Differentioidusta yleisestä nopeusrajoituksesta annetun vuodelta 1971 olevan kuulutuksen mukaan taajaan asutun alueen ulkopuolella korkein sallittu nopeus on 70 km/h. Liikenneturvallisuuslaitos voi neuvoteltuaan tielaitoksen ja valtion poliisihallituksen (rikspolisstyrelsen) kanssa määrätä, että nopeus tietyllä tiellä tai tieosalla voi olla korkeintaan 90 tai 110 km/h; moottoriteiden ollessa kyseessä 110 tai 130 km/h. Taajaan asutulla alueella on voimassa nopeusrajoitus 50 km/h.

Lääninhallitus (länsstyrelsen) voi antaa määräyksiä muusta nopeudesta sekä taajaan asutulla alueella että sen ulkopuolella (paikallinen liikennemääräys). Lääninhallitus ei kuitenkaan voi määrätä nopeutta korkeammaksi kuin mitä on säädetty yleisissä määräyksissä.

Jokaisella, joka katsoo asian itseään koskevan, on oikeus tehdä valitus lääninhallituksen tai liikenneturvallisuuksilaitoksen päätöksestä kuninkaalle.

Arvioitaessa täytyy harkita nopeusrajoituksen totaalisia myönteisiä ja kielteisiä seurausvaikutuksia. Paitsi meluvaikutukset ovat liikenneturvallisuus ja palvelutaso merkityksellisiä.

3.1.3 Ajoneuvojen määrä

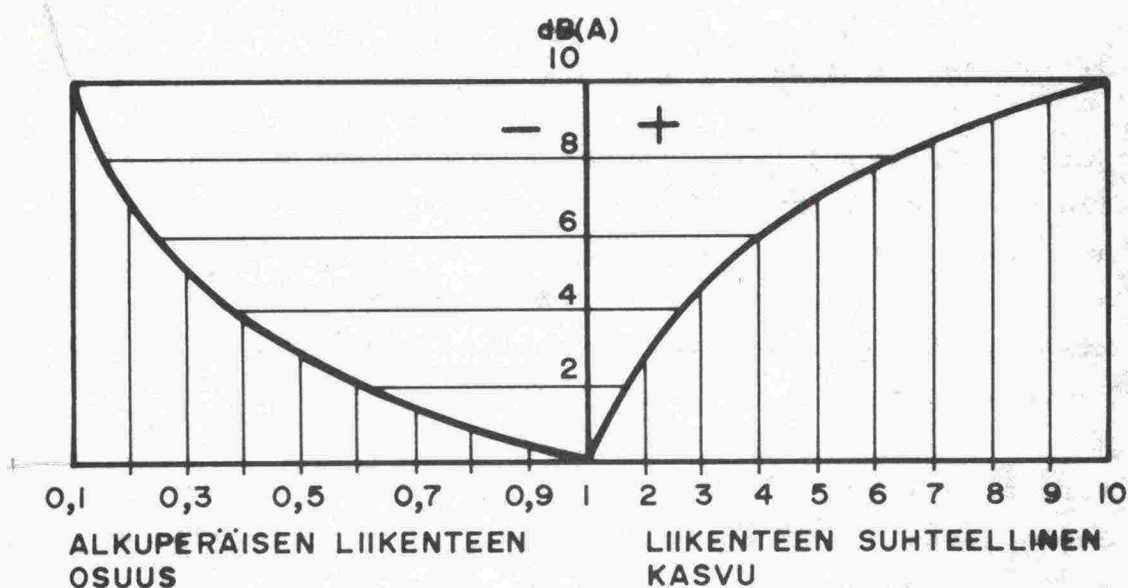
Emittoitu äänienergia on kaksi kertaa alkuperäisen suuruinen, kun ajoneuvomäärä kaksinkertaistuu. Myös käytännössä suoritettut mittaukset ovat osoittaneet, että melu lisääntyy 3 dB(A) ajoneuvovirran kaksinkertaistumista kohti. Kuten edellä on esitetty, äänen kuulovoimakkuus kaksinkertaistuu vasta lisäyksen ollessa noin 8 - 10 dB(A). Tämän vuoksi vasta liikennevirran tuleminen 9-kertaiseksi antaa korvalle vaikutelman, että melutaso on suurin piirtein kaksinkertaistunut.

Liikennemallissa vaaditaan niin muodoin suhteellisen radikaalisia muutoksia, jotta saavutettaisiin minäkäänlaista merkittävää vaikutusta melun kannalta, koska esim. keskimääräinen liikenteen kasvu maaseudun tärkeillä teillä on niin suuri, että liikennemäärä yleensä kaksinkertaistuu 15 vuodessa. Vastaava tapahtuu taajamissa noin 10 vuodessa. Samalla kun liikenteen normaalin kasvun vaikutus niin muodoin on kohtuullinen, voi syntyä suuria paikallisia muutoksia autoliikennejärjestelmän muuttamisen vuoksi.

On siis otettava huomioon uusien tieyhteyksien syntyminen ja vastaavasti toimenpiteet, jotka ovat liikennettä saneeraavan luontoisia. Seuraavalla sivulla olevassa diagrammissa esitetään liikenteen uudelleenjärjestelyn vaikutus ekvivalenttitasoon erisuuruusilla suhteellisilla liikennemäärillä mutta muutoin samanlaisissa olosuhteissa.

Liikenne-ennustemenetelmät ja liikennetiedot, joita yleisesti käytetään muihin tarkoituksiin, esimerkiksi teiden ja katujen suunnitteluun, ovat riittäviä myös melulaskentoihin vuorokautta kohti tulevan liikennevirran osalta. Vaikeuksia esiintyy kuitenkin, kun on kysymys liikenteen jakautumisesta vuorokauden ajalle - katso lähemmin kohta 3.1.5. Normaalisti liikenneväylät mitoitetaan siten, että ne voivat välittää liikennettä vain 20 vuotta eteenpäin. Melulaskennan tulee käsittää vastaava ajanjakso sopivan vaakatason geometrian määrittämiseksi.

MUUTOKSEN VAIKUTUS



Kuvio. 3.11 Ekvivalenttitason muutokset dB(A) liikennemäärän muuttuessa muutoin samanlaisissa olosuhteissa.

Fyysisessä detaljisuunnittelussa ei voida säädellä sitä, kuinka suuri liikennemäärä tulee esiintymään varatulla tiellä tai kadulla. Myöskin maankäyttö, uudet laajennussuunnat ja muuttuneet yhteystarpeet ovat epävarmuustekijöitä, jotka nopeasti voivat muuttaa alkuperäistä kuvaa. Hyvän pitkän tähtäyksen suunnittelun, runsaasti liikennettä tuottavien laitosten sijoittelun tarkan tutkimisen sekä liikennejärjestelmien osien muodostamisen avulla niin, että esiintyy vain tarkoitettua liikennettä, saavutetaan hyvä melun hallinta. Suunnittelutoimenpiteitä käsitellään lähemmin kohdassa 3.2.

Kadun tai tien jatkuvasta pitkäaikaisesta sulkemisesta samoin kuin läpiajon kieltämisestä päättää kunnan liikennelautakunta. Anomuksen tai ehdotuksen tällaisiksi toimenpiteiksi voi tehdä kuka tahansa, ja sen voi esittää paitsi liikennelautakunnalle myös tienpitäjälle, kunnan rakennuskonttorille tai vastaavalle. Päätöksestä voidaan valittaa lääninhallitukseen. Niissä tapauksissa, joissa tarvitaan asemakaavan muutos tällaisen laatii rakennuslautakunta, sen hyväksyy kunnanvaltuusto ja vahvistaa lääninhallitus.

3.1.4 Raskaiden ajoneuvojen osuus

Kuten kohdasta 3.1.1 ilmenee, kuorma-autot emittoivat ääntä, jonka intensiteetti on suurempi kuin henkilöautojen emittoiman äänen intensiteetti. Myöskin äänen spektri on erilainen. Tämän vuoksi täytyy kiinnittää huomiota kuorma-autojen osuuteen ajoneuvovirrassa.

Normaalisti kuorma-autot ja bussit muodostavat noin 10 % ajoneuvovirrasta taajamissa ja 15 % maaseudulla. Käsitteeseen kuorma-auto kuuluu täysperävaunullisten ja tavallisten kuorma-autojen lisäksi myös kevyemmät jakeluajoneuvot. Kuitenkaan pakettiautot eivät sisälly käsitteeseen.

Kuorma-autojen lukumäärä ei kasva yhtä nopeasti kuin henkilöautojen määrä, mutta niiden osalta tapahtuu siirtymistä keskimääräisesti raskaampiin ja siten usein meluavampiin ajoneuvoihin. Taajamissa tullaan myös jatkuvasti jakeluliikenne suorittamaan keskiraskailla ajoneuvoilla. Täysperävaunutyyppiä olevien todella raskaiden kuorma-autojen lisääntyminen on merkittävintä läpikulkuväylillä.

Koska ajoneuvokohtainen nopeusrajoitus koskee ajoneuvoja, joiden paino on yli 3,5 tonnia, nopeusrajoituksilla ei ole samaa vaikutusta kuorma-autoliikenteelle kuin

henkilöautoliikenteelle. Huomattava on myöskin, että nopeampi mutta pitempi väylä siten ei houkuttele kuorma-auton kuljettajaa yhtä paljon kuin henkilöauton kuljettajaa. Liikennemääräyksillä voidaan kadut ja tiet kuitenkin sulkea raskaalta liikenteeltä kokonaan tai osittain, esimerkiksi yön ajaksi.

Alla oleva taulukko esittää teoreettisesti saatavan vaikutuksen muutoin muuttumattomissa olosuhteissa, kun kielletään raskas liikenne.

Kuorma-autojen alkuperäinen prosentuaalinen osuus kokonaisliikenteestä	50	40	30	20	15	10	5	%
Ekvivalenttitason aleneminen kielletäessä kuorma-autoliikenne	8	7	6	5	4	3	1	dB(A)

Edellä sanottu pätee suurehkoille liikennevirroille. Yöaikana myös yksittäinen kuorma-auto voi olla melulähteenä erittäin häiritsevä (katso kohta 2.2.1). Kuorma-autoliikenteen kieltämisellä saatava maksimaalinen tason aleneminen on tällöin noin 10 dB(A).

Koko vuorokauden tai sen osan tai osien ajan kestävästä kuorma-autoliikenteen kieltämisestä päättää kunnan liikennelautakunta. Esityksen tällaisen kiellon aikaansaamisesta voi tehdä kuka tahansa, joka katsoo siihen olevan aihetta. Liikennelautakunnan päätöksestä tehtävät valitukset osoitetaan lääninhallitukselle. Lääninhallituksen päätöksestä voidaan valittaa kuninkaalle.

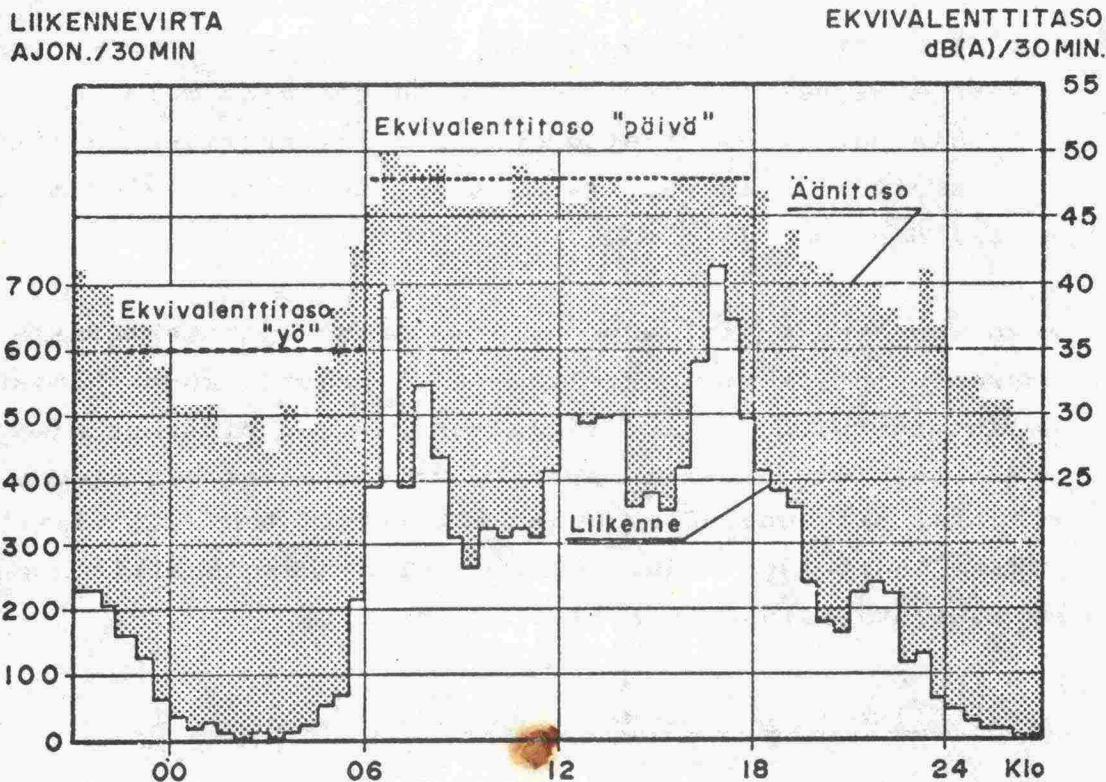
3.1.5 Liikenteen vuorokausijakautuma

Aikaisemmin on korostettu, että on vaikeaa käytännöllisellä tavalla määrällisesti kuvata äänen vaihteluja ajan mukana yksiselitteisellä tavalla. Mitta ekvivalenttitaso, jota käytetään näissä ohjeissa, mahdollistaa äänitason

kuvaamisen tunnin, vuorokauden osan tai koko vuorokauden aikana.

Myös liikenteen muuttuvaa intensiteettiä vuorokauden eri osien aikana voi olla vaikeaa käytännöllisesti kuvata ja vielä vaikeampaa ennustaa. Liikenteen vuorokausirytmi on kuitenkin samankaltainen useimmilla liikenneväylillä, ja sille on tunnusomaista erityisesti taajamissa aamuruuhka ja jonkin verran suurempi iltaruuhka. Pienehköissä ja keskisuurissa kaupungeissa erotetaan usein myös lounasajan ruuhka.

Seuraava kuva 3.12 esittää mitattuja liikennevirtoja vuorokauden aikana jaettuna puolen tunnin jaksoihin ja samanaikaisesti todettuja ekvivalenttitasoja. Näissä ohjeissa suoritettu vuorokauden jakaminen ja vastaavat ekvivalenttitasot päivälle ja vastaavasti yölle on merkitty kuvaan.



Kuva 3.12 Liikennemäärät ja ekvivalenttitasot dB(A) vuorokauden aikana, joka on jaettu 30 minuutin jaksoihin.

Tielaitoksessa suoritettut liikenteen vaihtelumuotojen tutkimukset osoittavat, että keskimäärin 7 % vuorokausiliikenteestä tapahtuu yön aikana, joka määritellään kellonaikojen 23.00 - 06.00 väliseksi ajaksi, vastaavasti päivän aikana kellonaikojen 06.00 - 18.00 tapahtuu 70 % vuorokausiliikenteestä. Kuvassa olevat esimerkit valaisevat sitä, miksi on valittu nämä rajat päivälle ja vastaavasti yölle. Tarkoituksena on ollut, että toisaalta saadaan niin tasaiset liikennetasot ja siten äänitasot kuin mahdollista ja että toisaalta standardipoikkeamat liikennevirroissa muunnettaessa ne vuorokaudesta päivää ja vastaavasti yötä vastaaviksi tulevat niin pieniksi kuin mahdollista.

18.00 - 23.00 välisenä aikana voidaan normaalitapauksissa edellyttää saatavan melutasoja, jotka vähitellen muuttuvat päivän ekvivalenttitasosta alheisempaan yön ekvivalenttitasoon. Jos voidaan olettaa, että illan aikana vallitsevat erityiset olosuhteet, voidaan suorittaa erillinen laskenta. Tämä perustuu silloin tämän ajanjakson aikana tapahtuvaan keskimääräiseen tuntiliikenteeseen.

Päiväliikenteen ja vastaavasti yöliikenteen ja väylien toiminnan välillä esiintyy lisäksi tiettyjä yhteyksiä. Luvussa 4 esitetyssä laskentamenetelmässä on sen vuoksi menetelty siten, että liikenteen vuorokausijakautumaa on muunnettu SCAFT:n¹⁾ mukaisen väylien toimintaluokituksen mukaan. Sen jälkeen on korjausmahdollisuuksia niille tapauksille, joissa arvioidaan olevan toisenlaiset edellytykset. On huomioitava että perusnomogrammit edellyttävät, että väylän tehtävä ja nopeusstandardi ovat sopu-
soinnussa SCAFT-periaatteiden kanssa.

Liikenteen vuorokausijakautuman ollessa normaali pää- ja kokoojaväylillä päivän ekvivalenttitason ja yön ekvivalenttitason väliseksi eroksi tulee noin 7 - 8 dB(A). Yhdysväylillä ja syöttöväylillä (-kaduilla) vastaava arvo on noin 9 - 10 dB(A). Ehdotetut imissioarvot asuinhuoneille ja hoitolaitoksille merkitsevät noin 10 dB(A):n

¹⁾ SCAFT 1968: Riktlinjer för stadsplanering med hänsyn till vägtrafikbuller. Statens planverk, publikation nr 5.

eroa suositellun päivä- ja vastaavasti yöarvon välillä, minkä vuoksi yömelu normaalisti tulee määrääväksi. Tämä lienee sopusoinnussa usempien ihmisten omien kokemusten kanssa. Tämän vuoksi on mielenkiintoista tietää eripituisten yön aikaisen liikenteen kieltojen vaikutus.

Jos yötuntien aikana kielletään kaikki liikenne jollakin liikenneväylällä, niin tietysti voidaan jättää tämän ajanjakson ajalta tarkastellulta väylältä tuleva melu huomiotta. Sen sijaan on tarkasteltava lähinnä sijaitsevaa liikenneväylää, jota liikenne saa käyttää, ja sitä liikenteen jakautumista uudelleen muille väylille, joka on seurauksena sulkemisesta.

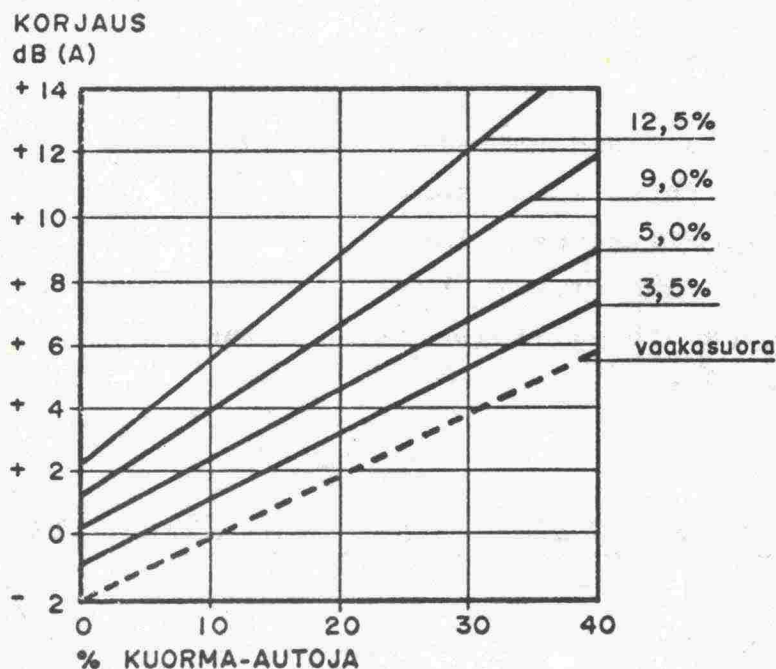
Tehokas melua pienentävä vaikutus saadaan kieltämällä ainoastaan kuorma-autoliikenne vuorokauden joksikin osaksi. Katso lähemmin edellisestä kohdasta 3.1.4.

Tietyn tai tiettyjen lajien ajoneuvojen liikennöimisen kieltämisestä tai kaikkien ajoneuvojen liikennöimisen kieltämisestä tietyllä tie- tai katuosuudella vuorokauden osan ajaksi päättää liikennelautakunta vastaavalla tavalla, kuin on esitetty kysymyksen ollessa kuorma-autoja tarkoittavasta liikennekiellosta kohdassa 3.1.4.

3.1.6 Liikenneväylän pituuskaltevuus

Erityisesti kuorma-autojen ollessa kysymyksessä vaihtamisesta pienemmälle vaihteelle aiheutuu korkeampia melutasoja kuin normaalisti vastamäkeen noustaessa. Myös moottorijarrutus myötämässä aiheuttaa melun lisääntymistä. Saatava lisä ekvivalenttitasoon ja hetkelliseen arvoon on siis ensisijassa riippuvainen kuorma-autojen osuudesta liikennevirrassa ja kyseessä olevasta väylän pituuskaltevuudesta. Myös kaltevuusjakson pituus vaikuttaa tietyssä määrin, koska lyhyet mäet voidaan ajaa läpi ilman että tarvitaan lisää voimaa.

Tiedot näistä seikoista ovat hyvin rajoitettuja. Eräs englantilainen tutkimus osoitti, että melutaso nousi 3 dB(A):lla 5 %:n nousussa verrattuna vaakasuoraan tiehen, kun olosuhteet muutoin olivat muuttumattomat. Seuraavassa esitetty diagrammi perustuu laskentamenetelmään, jonka ovat esittäneet englantilaiset Johnson ja Saunders, mutta sitä on täydennetty muilla tunnetuilla tutkimustuloksilla. Arvoja tulee kuitenkin käyttää varovasti.



Kuva 3.13 Nousun ja raskaiden ajoneuvojen osuuden vaikutus ekvivalenttitasoon dB(A).

3.1.7 Kiihdyttämisestä tai hidastamisesta aiheutuva melu

Verrattuna normaalissa ajamisessa saataviin tasoihin saadaan olennaista melun lisääntymistä kiihdytettäessä tai hidastettaessa autoja. Tästä johtuu, että tarkemmissa tarkasteluissa risteykset on erityisesti huomioitava. Eri-tyisesti valo-ohjatut risteykset tai opastimilla varustetut suojatiet aiheuttavat sen, että suuri osa ajoneuvoista pysähtyy, käy tyhjäkäynnillä ja sen jälkeen lähtee nopeasti liikkeelle ja kiihdyttää voimakkaasti.

Englannissa on kiinnitetty suurta huomiota meluemissioihin eri vaihteilla, moottorin kierrosluvuilla, nopeuksilla ja

jarrutuksen asteella. Huomattiin esimerkiksi, että henkilöautosta lähtevän äänen voimakkuus kiihdyttämisen aikana vastasi tasaisella nopeudella 100 - 110 km/h syntyvää voimakkuutta. Samanaikaisesti on vastaanottaja pitempään alttiina melulle ajoneuvojen pitemmän ohikulkuajan perusteella, joka vaikuttaa ekvivalenttitasoon. Kuorma-autolle mitattiin korkeampia arvoja kiihdyttämisen aikana, kuin mitä voitiin saada vapaan nopeuden aikana. Ruotsalaisista tutkimuksista ei ole vielä olemassa selvityksiä.

Melun kannalta voidaan katsoa olevan selvää, että tasaisesti virtaava liikenne normaalisti on parempi kuin lähellä liikenneväylän kapasiteettirajaa oleva virta, jolloin syntyy ruuhkautumista. Myöskin hiilidioksidipäästö ym. tulee alhaisemmaksi virtaavassa liikenteessä.

3.2 Fyysisessä suunnittelussa käytettävät toimenpiteet

3.2.1 Ajoneuvomäärän pienentäminen

Auton käyttö riippuu voimakkaasti fyysisestä yhdyskuntasuunnittelusta. Autoliikenteen ympäristöhygieniset vaikutukset samoin kuin liikenneonnettomuudet ovat saaneet sellaiset mitat, että niiden täytyy tulla voimakkaasti vaikuttamaan siihen, missä laajuudessa henkilöautomatkustamisen katsotaan olevan toivottavaa. Yhdyskuntasuunnittelussa käytettävissä olevat toimenpiteet auton käytön vähentämiseksi ovat tulleet yhä ajankohtaisemmiksi. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi:

- matkustamisen kokonaismäärän pienentäminen sijoittelu- ja aluepoliittisin toimenpitein
- matkustamisen kokonaismäärän pienentäminen sijoittamalla asuntoja ja työpaikkoja samoillem paikoille
- automatkustamisen vähentäminen joukkoliikennettä suosimalla
- automatkustamisen vähentäminen parantamalla jalan-

kulku- ja polkupyöräliikenteen edellytyksiä (hajakeskitetyt palvelut).

Nämä toimenpiteet ovat osittain fyysisen suunnittelun ulkopuolella rajoitetummassa mielessä. Vastuu mahdollisuuksien käyttämisestä on osittain valtakunnansuunnittelussa liikennepolitiikan, aluepolitiikan, veropolitiikan muodossa - mutta myös paikallisviranomaiset ja suurehkot kunnat voivat vaikuttaa asiaan. On vaikea sanoa, millainen kokonaisvaikutus tässä käsitellyn luontoisilla toimenpiteillä on. Yhteiskunnan rakentaminen on hidas ja kallis prosessi. Todennäköisesti voidaan olettaa, että lähitulevaisuudessa sekä ajoneuvot että liikenteen rakennet ovat samanlaisia kuin nykyään.

3.2.2 Toimintojen sijoittelu

Liikennemeluhäiriöiden merkittävää vähentymistä voidaan aikaansaada sijoittamalla toiminnat ja liikenneväylät ottamalla huomioon melusuoja vaatimukset yleissuunnitelmasa. Täten voidaan poistaa myöhemmässä detaljisuunnittelussa esiintyviä ongelmia. Voidaan saada suuria taloudellisia hyötyjä tekemällä käyttökelvottomat suoja-alueet ja kalliit melusteet tarpeettomiksi.

Lähtökohtana toimintojen sijoittelulle liikenneväylien suhteen tulee olla toisaalta yhteystarve, toisaalta tarve suojautua liikenteen aiheuttamilta häiriöiltä.

- Teollisuusalueilla on tavallisesti pienempi suojatarve tieliikennemelua vastaan, mutta suuri autokuljetuksilla saavutettavuuden tarve.
- Palvelualueilla (liikkeet, konttorit ja huvitteluhuoneistot) on tietty melusuojatarve, joka tavallisesti voidaan järjestää rakennuskonstruktioiden avulla tai rakennusten pohjapiirrosratkaisujen avulla. Niillä on sitä vastoin hyvin suuri autolla saavutettavuuden tarve.
- Asunnoilla on suuri melusuojatarve, pienempi autolla saavutettavuuden tarve.

- Hoitolaitoksilla on erittäin suuri melusuojatarve, mutta usein myös selvä autolla saavutettavuuden tarve.
- Kouluilla, lastentarhoilla ja leikkialueilla on hyvin suuri melusuojatarve ja pieni autolla saavutettavuuden tarve.

Sijoittamalla vähiten meluherkät ja eniten yhteyksiä lisäävät toiminnot lähimmäksi suuria liikennevirtoja voidaan välttää huomattava osa meluongelmista.

Eräänä edellytyksenä tällaiselle toimintojen sijoittamiselle teiden suhteen on lisäksi tieverkon selväpiirteinen jako melun tuottajina, ts. nopeusstandardin ja liikennekuormituksen mukaan.

SCAFT-periaatteiden johdonmukainen soveltaminen tuo mukanaan vastaavan erottelun, joten siitä on apua myös liikenteen aiheuttamien häiriöiden pienentämisessä.

Sijoittelukriteerejä noudattamalla päästään edullisiin tuloksiin, kun niitä sovelletaan kaupunginosien suunnitteluun - sijoittelukaavoihin. Alueellisessa mittakaavassa pitkälle viety toimintojen erottaminen vaikeuttaa sitä vastoin mahdollisuuksia käyttää hyväksi vähemmän meluherkkiä alueita puskureina yksittäisissä kaupunginosissa, ja tästä on myös muita haittoja. Tällainen erottaminen aiheuttaa siis eri ympäristöjen "pidentymistä" ja pidentää matkareittejä lisäten melua.

3.2.3 Asuinalueiden yhteysjärjestelmä

Yksittäisten asuinalueiden detaljisuunnittelussa saadaan samoin kuin yleisemmässä suunnittelussa paras suoja liikennemelua vastaan laatimalla kaava siten, että yhteysjärjestelmä on muodostettu liikenneturvallisuuden vaatimusten mukaiseksi. SCAFT-periaatteiden mukainen järjestely syöttöväylineen

uloimpana ja liityntä- ja sisääntulokatuineen, jotka on muodostettu lyhyiksi pussikaduiksi, on hyvä ratkaisu liikennemelun kannalta. Lähimpänä ylempiarvoisen tieverkon liittyviä oleville alueille tulee sijoittaa vähiten meluherkkiä toimintoja (ks. myös osaa 3.1.6).

Asutuksen sisään muodostetaan alue, joka on vapaa meluvasta liikenteestä. Sinne rakennetaan alueita ulkoilua samoin kuin meluherkkiä lastentarhoja sekä ala- ja keskiasteen kouluja varten, jotka itse tuottavat merkityksettömästi autoliikennettä.

Liityntäkatuja ja pysäköintipaikkoja asuinrakennuksien suhteen sijoitettaessa on toivottavaa toisaalta saada riittävä etäisyys melun vuoksi ja toisaalta sijoittaa asuinrakennukset lähelle liikenneväylää hyvän autolla saavutettavuuden saamiseksi. Näiden toivomusten välillä on tehtävä kompromissi. Viimeksi mainittu tärkeä vaatimus liikuntaesteisten osalta. Käytäntö, jota on selostettu myös ruotsalaisessa rakennusnormissa 67, tarkoittaa, että pysäköinti- ja liityntäalueita ei rakenneta 15 metriä lähemmäksi talon julkisivua. Tämä etäisyys on kuitenkin usein liian pieni. Jos pysäköinti- ja liityntäliikenteen määrä on suurehko, etäisyyttä on suurennettava huomattavasti.

Kävelyetäisyys autojen pysäköintipaikoille pyrkii suurentumaan uusilla asuntoalueilla. Nykyään näyttää olevan kohtuullista laskea, että 300 metriä voi muodostaa ylärajan hyväksyttävälle etäisyydelle autojen pysäköintipaikalle. Pysäköintipaikat, jotka sijaitsevat tällaisella etäisyydellä asunnoista, ovat erittäin edullisia melusuojan kannalta. Autojen pysäköintialue voi tämän vuoksi antaa mahdollisuuksia sekä siihen, että sitä käytetään hyväksi melusuoja-alueena asuntojen ja liikenneväylän välillä, että siihen, että asuntoja suojellaan melulta pysäköintirakennusten avulla.

Yhteysratkaisut, jotka tarkoittavat sekä liitynnän että pysäköinnin tapahtumista päällekkäin ovat edullisia sen vuoksi, että voidaan tyydyttää sekä melusuojaletta että

saavutettavuudelle asetettavat toiveet. Tällaiset ratkaisut ovat kalliita, mutta ne voivat kuitenkin tulla kysymykseen tiheän kaupunkiasutuksen yhteydessä.

Pientaloasutuksessa (rivitalot ja omakotitalot) melusuoja ja yhteysratkaisut ovat ristiriidassa, koska halutaan pysäköintipaikkoja jokaisen talon viereen. Myös tässä toiveet melusuojusta yhtyvät liikenneturvallisuuden kannalta asetettaviin toiveisiin.

3.2.4 Etäisyys liikenneväylään

Suunnittelussa useimmin käytetty toimenpide melutasojen alentamiseksi asuinalueilla on ollut pidentää asutuksen etäisyyttä melulähteestä eli liikenneväylästä. Äänen ekvivalenttitaso suoran tien läheisyydessä vähenee 3 - 6 dB(A):lla etäisyyden kaksinkertaistuessa. Liikenneväylästä lasketun etäisyyden vaimennusvaikutus riippuu seuraavista tekijöistä, edellyttäen että ei ole melua vaimentavia esteitä (meluesteitä käsitellään erityisesti kohdissa 3.2.5 ja 6).

- a) Melun frekvenssikoostumus, joka riippuu mm. raskaiden ja kevyiden ajoneuvojen välisestä jakautumasta.
- b) Melulähteen - liikenneväylän - korkeus maanpinnasta sekä vastaanottajan korkeus maanpinnasta.
- c) Liikenneväylän ja rakennuksen välillä olevan maan ominaisuudet.
- d) Sääolosuhteet.

Ekvivalenttitason ja suunnittelumuuttujien välinen yhteys voidaan saada laskentamenetelmistä (nomogrammit) luvusta 4.

Käsityksen saamiseksi siitä, mitä etäisyyksiä voidaan tulla vaatimaan, voidaan mainita että päätien varrella, jonka keskimääräinen vuorokausiliikenne on 40 000 ajoneuvoa, vaaditaan yli 1 000 metrin etäisyys, jotta kolmikerroksisessa rakennuksessa imissiorajat tulisivat ali-tetuiksi, ellei ryhdytä muihin toimenpiteisiin. Vastaava etäisyys kokoojatien varrella on 700 - 800 metriä. Yhdystien varrella, jonka keskimääräinen vuorokausiliikenne on 10 000 ajoneuvoa, vaaditaan samantyyppistä rakennusta varten 110 - 130 metrin etäisyys, ja syöttöväylän varrella, jonka liikennemäärä on sama, vaaditaan 80 - 90 metriä.

Melun vaimentaminen etäisyyksien avulla vaatii siis suuria suoja-alueita. Suurien pää- ja kokoojaväylien rakentaminen suurelle etäisyydelle asutuksesta on toivottavaa ja usein luonnollista, mutta useissa tapauksissa täytyy etsiä suunnittelussa muita ratkaisuja meluongelmiin kuin suuret suojaetäisyydet. Sekä kiinteistötaloudellisista, hallintoteknillisistä että kaupunkirakenteellisista lähtökohdista katsoen on melun pienentämisestä ainoastaan etäisyysvaimennuksella usein negatiivisia seurausvaikutuksia.

3.2.5 Liikenneväylän vieressä sijaitsevan meluesteen käyttö

Liikenneväylän aiheuttaman melun vaimentaminen meluesteellä etäisyysvaimennuksen vaihtoehtona tai täydennyksenä tarjoaa suuria etuja. Melueste voidaan aikaansaada useilla eri tavoilla: valli, muuri, seinämä tai rakennus. Tässä kohdassa käsitellään melustettua, joka on sijoitettu välittömästi väylän viereen.

Jotta esteellä olisi todellista vaikutusta, sen täytyy katkaista vastaanottokohdan ja äänilähteen välinen näköyhteys näkökentän suurimmalta osalta liikenneväylän suuntaan. Tien vieressä oleva este voidaan muodostaa vallista tai vaihtoehtoisesti muurista tai siten, että tie tehdään leikkaukseen. Kalliroleikkauksen ollessa kysymyksessä tai kun rakennetaan muuri, täytyy ottaa huomioon heijastuminen ja sitä seuraavat häiriöt tien

vastakkaisella puolella.

Meluesteellä saadaan erittäin suuri melua pienentävä vaikutus, jos maanpinta liikenneväylän ja vastaanottokohdan välillä muodostuu kovista pinnoista tai jos liikenneväylä on maaston yläpuolella. 3 metriä korkean esteen melua pienentävä vaikutus nousee tällöin 8 - 10 dB(A):han noin 250 metrin päässä, sen jälkeen melua pienentävä vaikutus pienenee jonkin verran. Mutta myöskin maan aiheuttaman vaimennuksen ollessa hyvä voidaan meluesteellä saada melun pienentymistä. 100 metrin etäisyydellä liikenneväylästä pienenee niin muodoin ulkona vallitseva melutaso tällaisessa tapauksessa 5 dB(A):lla 3 metriä korkean meluesteen vaikutuksesta.

Meluesteen muotoilu on tärkeä. Meluestejärjestelyt, jotka on tarkoitettu vapauttamaan asukkaat meluhaitoista, eivät saa olla niin muodostettuja, että ne koetaan vieraina ja rumina lisinä maisemassa ja ympäristössä muutoin. Säilyttämällä maaston luonnonmukaisuus ja sopeuttamalla tie hyvin maisemaan voidaan välttää tällainen epäkohta.

Tietoja meluesteiden tehokkuudesta saadaan luvussa 4 olevista laskentanomogrammeista.

Asemakaavassa ja rakennuskaavassa voidaan edellyttää rakennettavaksi suojaesteitä mutta ei taata niiden rakentamista. Suojatoimenpiteiden toteuttaminen täytyy taata kunnan ja tielaitoksen toimesta tai kunnan ja suojeltavan rakennuksen rakentajan välisellä sopimuksella.

3.2.6 Asutuksen vieressä sijaitsevan meluesteen käyttö

Vaikka esteen vaikutus yleensä on paras silloin, kun este sijoitetaan niin lähelle melulähdettä kuin mahdollista, voidaan tietty melun pieneminen aikaansaada esteillä, jotka sijaitsevat lähempänä asutusta. Nämä

esteet voivat myös muodostua valleista, muureista tai luonnollisista maastoesteistä. Meluesteen sijaitessa näissä kohdissa on kuitenkin usein esteen sopiva muoto rakennusten jokin muoto mahdollisesti täydennettynä muureilla tai vastaavilla.

Autojen säilyttämiseksi ja pysäköimiseksi tarkoitettut rakennukset soveltuvat hyvin meluesteiksi, mutta myöskin muun tyyppisiä rakennuksia voidaan ajatella käytettävän tähän tarkoitukseen, esimerkiksi pesuloita, lämpökeskuksia, autoilun palvelulaitoksia, käsityöpajoja ym. Korkean rakennuksen estevaikutus on hyvin suuri. Näitä laitoksia muodostettaessa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että ne itse voivat olla häiriön lähteinä.

Detaljikaavassa voidaan antaa rakennusoikeus eristävälle rakennuksille mutta ei taata niiden rakentamista. Vastuu tästä voi olla toisella kiinteistönomistajalla kuin sillä, jonka rakennus suojellaan. Jos käytetään pysäköintilaitosta esteenä, tämä voi tulla rakennettavaksi koko laajuudessaan vasta myöhempanä ajankohtana, kun autopaikkatarve on kasvanut. On kuitenkin tarpeellista detaljikaavojen laatimisen yhteydessä myös käsitellä niiden rakentamista käyttösopimuksissa tai vastaavissa, niin että saadaan riittävä varmuus melusuojan aikaansaamisesta. Ekvivalenttitason ero meluesteen ollessa rakennettu ja ilman sitä esteen ollessa korkea voi olla 10 dB(A) tai enemmän.

3.2.7 Rakennusten ryhmittely ja talotyyppin valinta

Eräs tapa saada korkea este on ryhmittää asuintalot niin, että tietyt talot varjostavat muita rakennuksia.

Kun rakennukset ryhmitetään liikenneväylän suuntaisesti, tulee liikenneväylään päin oleviin tiloihin suurimmat ongelmat meluhäiriöistä, samalla kun talon vastakkainen puoli samoin kuin muut rakennukset, jotka sijaitsevat tiestä, tulevat varjostetuiksi ja saavat olennaisesti pienemmät melutasot. Myös ulos voidaan tällä tavalla saada haluttu suoja melulta.

Tällä tavalla meluesteinä toimiville asuinrakennuksille voidaan antaa pohjaratkaisu, joka pienentää meluongelmia. Lisäksi ne voidaan rakennusteknisesti tehdä siten, että joka tapauksessa haluttu meluilmasto voidaan saavuttaa ikkunoiden ollessa suljettuina. Näissä taloissa ei saa olla huoneistoja, jotka suuntautuvat yksipuolisesti liikenneväylään päin. Paras huoneistoratkaisu saadaan, jos keittiö, kylpyhuone, eteinen tms. voidaan suunnata tien puolelle sekä olohuone ja makuuhuone hiljaiselle puolelle. Tämä pohjaratkaisu on luonnollinen mm. luhtikäytävätaloiissa.

Jos rakennuksia käytetään meluesteenä, rakennusrivin tulee olla yhtenäinen liikenneväylään päin. Jos se on katkaistu, melu voi tunkeutua sisään rakennusten välistä ja mahdollisesti myös heijastua takana olevista samansuuntaisista rakennuksista, jolloin ulkona vallitseva melutilanne huononee.

Kun rakennukset rakennetaan kohtisuoraan liikenneväylän suhteen, talojen molemmissa päädyissä tulee samoja vaikeuksia ja pihat jäävät suojattomaksi melulta. Tosin häiriöt vähenevät pitkin sivuseinää liikenneväylästä lasketun etäisyyden kasvaessa, mutta yleensä tällainen taloryhmitys sopii huonosti melua tuottavien liikenneväylien varrelle.

Mahdollisuudet pienentää melutasoja tiloissa, jotka ovat liikenneväyliin päin, ilmenevät rakennusteknisiä ratkaisuja käsittelevässä kohdassa 3.3 esitetystä selvityksestä.

Detaljikaavaa laadittaessa käytettävät keinot ovat yleensä riittäviä sen takaamiseksi, että melusuoja saadaan aikaan talojen ryhmittelyn avulla. Huoneistojen se pohjaratkaisu samoin kuin ne rakennustekniset toimenpiteet, joita on edellytetty detaljikaavan laatimisen yhteydessä, täytyy ottaa huomioon rakennuslupia myönnettäessä. Rakennusasetuksen 46 §:n mukaan voidaan asettaa vaatimuksia toimenpiteisiin ryhtymiseksi. Rakennuslautakunta on vastuussa tämän

valvomisesta rakennuslupia myöntäessään.

3.2.8 Lähteen ja vastaanottajan välinen korkeusero.

Talon korkeus

Vastaanottokohdassa vallitsevaan melutasoon vaikuttaa vastaanottajan ja liikenneväylän korkeus maaston yläpuolella. Tämä johtuu siitä, että lähellä maanpintaa saattava maanpinnan aiheuttama vaimennus vähenee, kun joko lähde tai vastaanottaja joutuu maanpintaa korkeammalle. Liikenneväylän varrella, jonka ajorata on samassa tasossa kuin maanpinta ja jonka varrella ei ole meluesteitä, on siis talon korkeudella huomattava vaikutus. Se vaikuttaa sitä vastoin vähemmän siinä tapauksessa, että on olemassa jossakin muodossa oleva este, koska maan aiheuttama vaimennus kuitenkin tietyiltä osilta on jäänyt pois.

Toivottavien etäisyyksien välinen ero rakennuksilla, joissa on 1, 3 tai 6 kerrosta, on huomattava. Sijoittamalla matalampia taloja lähimmäksi liikenneväyliä voidaan suoja-alueiden leveyttä pienentää huomattavasti. On otettava huomioon, että talon korkeus mitataan talon vieressä olevasta maanpinnasta eikä tienpinnasta. Vaikka talo on korkeammalla kuin tie, saadaan maan aiheuttama lisävaimennus, jos tämä viettää ylöspäin taloa kohti. Talojen korkeutta säädellessä detailjikaavassa.

3.2.9 Lähteen ja vastaanottajan välinen korkeusero.

Ajorata maanpintaa korkeammalla

Jos melua tuottava liikenneväylä on korkeammalla kuin ympäröivä maasto, maanpinnan aiheuttama vaimennus pienenee. Yksikerroksisille taloille tulee olosuhteet, jotka ovat huonompia kuin korkeammissa taloissa, jotka sijaitsevat korotetun ajoradan vieressä. Erityisen suuri huonontuminen tulee ulkoympäristön osalle.

Jo silloin kun liikenneväylä on 2 metriä ympäröivää maastoa korkeammalla, melutasot kasvavat voimakkaasti.

3.3 Rakennustekniset toimenpiteet

Rakennuksen ääneneristystä koskevia määräyksiä ottaen huomioon ulkopuolisen melun tullaan selostamaan erityisessä julkaisussa, jonka suunnittelulaitos julkaisee. Tässä tullaan myös esittämään esimerkkejä erilaisien konstruktioiden ääneneristyksestä.

Nykyään on olemassa ainoastaan harvoja mittauksia ikkunoilla varustettujen ulkoseinien ääneneristyksestä uusissa taloissa. Vanhemmista usean perheen taloista on olemassa enemmän mittausaineistoa. Näissä suureksi osaksi kaupunkikatujen varrelle rakennetuissa taloissa on normaalisti saatu 20 - 30 dB(A):n tai keskimäärin noin 25 dB(A):n erotus melutasoissa, jotka on mitattu ulkona 0,5 - 1 metrin etäisyydellä julkisivun ulkopuolella ja sisällä keskellä huonetta. Jos ikkunat avataan niin paljon kuin normaalisti tehdään sisään-päin avautuvien ikkunoiden ollessa kysymyksessä ja rullaverhojen ollessa alasvedettynä (vapaa aukko noin $0,1 \text{ m}^2$), saadaan normaalisti noin 5 - 15 dB(A):n eristys tai keskimäärin noin 10 dB(A):n eristys.

Julkisivun ääneneristykseen vaikuttaa ikkunoiden tai ovien ääneneristys, ulkoseinän ääneneristys, ilman sisäänoton vaimennus sekä mahdollisesti olemassa olevien luhtikäytävien ja parvekkeiden aiheuttama estevaikutus. Ulkona julkisivun edessä vallitsevan tason ja sisätason välinen ero julkisivun takana riippuu myöskin ikkunapinnan suuruudesta ja vastaanottohuoneen absorptiosta. Mitä suurempi on ikkunan pinta-ala, sitä enemmän äänitehoa tunkeutuu rakennuksen sisään, ja mitä pienempi on huoneen absorptio, sitä korkeammaksi tulee se melutaso, jonka sisään tunkeutunut ääniteho aiheuttaa.

Lisäksi äänen sisääntulokulma ja maan aiheuttama vaimennus vaikuttavat eristysasteeseen. Jos ääni tulee kohtisuoraan julkisivun suhteen, saadaan niin muodoin parempi ääneneristys kuin äänen tullessa muussa kulmassa.

Liikennemelulla on tietty frekvenssikoestumus, joka riippuu ajoneuvotyypistä ja nopeudesta. Kuorma-autosta lähtee niin muodoin enemmän matalafrekvenssistä melua kuin henkilöautosta, ja nopeuden ollessa yli 70 km/h normaalisti korkeampifrekvenssiset vauhtiäänet ovat hallitsevia. Maa, maastoesteet ja vallit vaimentavat korkeampia frekvenssejä enemmän kuin matalampia. Koska sekä ikkunan että ulkoseinien eristys myös riippuu frekvenssistä, vaikuttaa niin muodoin julkisivun eristykseen mm. ajoneuvotyyppi, nopeus, maan ja esteen aiheuttama vaimennus sekä julkisivun korkeus maanpinnan yläpuolella.

Tämä on otettu huomioon laadittaessa laskentamalleja, joita selostetaan luvussa 4. Tällöin on oletettu, että normaalilla julkisivulla on 25 dB(A):n eristyskyky. Maanpinnan ja esteen vaikutuksen perusteella tämä arvo pienenee, mikä huomataan verrattaessa laskentanomogrammeissa ulkona maanpinnan tasossa vallitsevia arvoja sisällä vallitseviin arvoihin eri korkeuksilla maanpinnan yläpuolella ja eri etäisyyksillä liikenneväylästä.

Jos talo on lähellä liikenneväylää, voidaan jonkin verran vaimennusta, erityisesti ylemmissä kerroksissa, saada sen estevaikutuksen johdosta, jonka aiheuttavat luhtikäytävät tai parvekkeet. Suurin vaikutus saadaan tavallisesti parantamalla ikkunoiden ääneneristystä. Yleisin periaate on tällöin lisätä etäisyyttä lasien välillä, jotka tavallisesti ovat 3 - 4 mm paksuja, normaalisti 20 - 50 mm:stä 75 - 90 mm:iin, sekä käyttämällä tehokkaita tiivistyslistoja. Tällä tavalla lisätään ikkunan ääneneristystä noin 10 dB(A):lla. Suunnilleen sama parannus voidaan saada muun tyyppisillä ikkunoilla, esimerkiksi kolmilasisilla ikkunoilla, joissa ulompien lasien välinen etäisyys on 75 - 90 mm, tai ohuemmillä ilmatiiviiksi suljetuilla kolmilasisilla ikkunoilla, joissa laseista kaksi on laminoitu tai pantu hyvin pienelle etäisyydelle toisistaan. Suurempi parannus voidaan saada, jos lisätään lasien paksuutta tai lasien välistä etäisyyttä tai jos käytetään kiinteitä ikkunoita. Jos valitaan hyvän ääneneristyksen omaavat ikkunat, täytyy esitetyn parannuksen saavuttamiseksi huolehtia, että raitisilman sisäännotossa saadaan

riittävä äänenvaimennus ja että ulkoseinän ääneneristys on riittävän hyvä.

Julkisivun edessä ulkona vallitsevan tason ja sisällä vallitsevan julkisivun takana olevan tason väliseen eroon vaikuttaa, kuten yllä on mainittu, myös ikkunapinnan suuruus ja vastaanottohuoneen absorptio. Melua-
viin liikenneväyliin päin olevissa julkisivuissa on sen vuoksi ikkunoiden suuruutta rajoitettava.

Ulkoseinien ja ikkunoiden rakennetta ei säädellä asemakaavavaiheessa. Kuitenkin tulee olla mahdollista, että asemakaavan laatijat ja kaavoitusviranomaiset voivat edellyttää, että tarvittaessa julkisivu tul-
laan rakentamaan eristyskyvyltään sellaiseksi, että on mahdollista sisällä vallitsevien melutasojen rajoittaminen annettuihin arvoihin imissiorajoilla. Kun asemakaavaa laadittaessa edellytetään julkisivulta eristyskykyä, joka ylittää uudessa tuotannossa tavanomaisen, tämä tulee mainita kaavamääräyksissä.

Luku 4

TIELIIKENNEMELUN LASKEMINEN SUUNNITTELUN YHTEYDESSÄ

4.1 Liikennemelun mittayksiköt

Liikenneväylän varrella vallitseva melu on peräisin useista ajoneuvoista, jotka samanaikaisesti ovat liikenneväylällä. Melun luonne on vaihtelevaa. Tässä raportissa melua luonnehditaan kahdella mittaluvulla - ekvivalenttisella äänitasolla ¹⁾ ²⁾ tietyn ajanjakson aikana ja maksimitasolla yksittäisen ajoneuvon ajaessa ohi. Molemmat ilmoitetaan dB(A):na.

1) Ekvivalenttinen äänitaso dB(A):na =

$$10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T p^2 dt / p_{\text{ref}}^2 \right)$$

T = tarkasteltu ajanjakso

p = A-painotuksen mukainen äänenpaine (N/m²)

p_{ref} = äänenpaine, johon verrataan (2 x 10⁻⁵ N/m²)

Ekvivalenttitaso voidaan myöskin kirjoittaa

$$10 \log \frac{1}{\sum n_i} \left(\sum n_i 10^{L_i/10} \right)$$

n_i = luokassa i tehtyjen havaintojen lukumäärä

L_i = luokan keskikohdan taso

2) Käsite ekvivalenttinen äänitaso tai ekvivalenttitaso tulee korvaamaan efektiivitason akustisen nimikkeistön meneillään olevan standardointityön mukaan. Tämä muutos suoritetaan mm. sen vuoksi, jotta saataisiin parempi yhteensopivuus kansainvälisen nimikkeistön kanssa.

Ekvivalenttitaso on vaihtelevan liikennemelun keskitaso, joka on määriteltä analogisesti fysikaalisen muuttuvan suureen efektiivisen arvon kanssa (esimerkiksi virta tai jännite sähköopissa). Muita ekvivalenttitasosta käytettyjä nimityksiä ovat efektiivinen taso, Q-arvo, yhtä suuren energiaperiaatteen mukainen keskitaso, energiakeskiarvo ym.

Yksittäisen ajoneuvon kulkiessa ohi aiheutuvalle maksimitasolla tarkoitetaan tässä sitä maksimitasoa, joka saadaan yksittäisen keskimääräisen ajoneuvon kulkiessa ohi. Milloin on raskasta liikennettä, tarkoitetaan keskimääräistä raskasta ajoneuvoa, muissa tapauksissa keskimääräistä henkilöautoa.

4.2 Äänen leviämisolosuhteet

4.2.1 Leviäminen vapaassa kentässä

Liikennemelun äänitaso ja frekvenssijakautuma muuttuvat äänen levitessä melun lähteestä kyseessä olevaan tarkastelupisteeseen. Ääniteho jakautuu suuremmalle pinnalle, kun se leviää tieltä. Tämä aiheuttaa frekvenssistä riippuvan etäisyysvaimennuksen, joka piste-mäisen äänilähteen kuten yksittäisen ajoneuvon ollessa kysymyksessä on 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuessaa. Ekvivalenttitasolle sitä vastoin etäisyyden kaksinkertaistuminen aiheuttaa 3 dB:n vaimennuksen, kun tie on suora eikä sitä ole varjostettu meluesteillä. Vaimennus saadaan sen perusteella, että äänisäteilyä tulee kaikista koko tieosalla ohi kulkevista autoista.

4.2.2 Maaston ja maastoesteiden vaikutus

Tarkastelupisteessä vallitseva melu koostuu suorasta äänestä ja maanpinnasta heijastuneesta äänestä. Maanpinnasta heijastuva ääni muuttuu niin, että havaintopisteessä saadaan lisävaimennus. Muutaman metrin korkeudella maanpinnasta olevissa liikennemelun mittauspisteissä havaitaan yleensä vaimennus, jonka suuruus-

luokka on 5 - 6 dB etäisyyden kaksinkertaistumista kohti sen 3 dB:n sijasta, joka saadaan sovellettaessa ainoastaan edellä mainittua etäisyyslakia.

Tämä vaimennuksen suuruus riippuu kuitenkin voimakkaasti sekä lähteen että havaintopisteen korkeudesta, minkä vuoksi se tulee eri suureksi ajoradan eri korkeuksilla ympäröivästä maanpinnasta sekä talon eri kerroksissa. Vaimennuksen suuruus riippuu myös maanpinnan ominaisuuksista. Kova maa vaimentaa vähemmän kuin huokoinen maa.

Tien ja vastaanottajan välinen maasto voi olla kumpuinen. Siinä voi lisäksi olla esteitä, jotka varjostavat ääntä. Varjostavien esteiden vaikutus on voimakkaasti kytkeytynyt itse maanpinnan vaikutukseen. Kumpuisen maaston vaikutus on monimutkainen ja vaikeasti laskettavissa. Tasaisella kasvillisuutta kasvavalla maanpinnalla olevan esteen vaikutus tunnetaan nykyisin suhteellisen hyvin, mutta se eroaa paljon siitä vaikutuksesta, joka esteellä on, jos lähde ja havaintopiste sijaitsevat korkealla maanpinnan yläpuolella, niin että maanpinnan vaikutus jää merkityksettömäksi.

Valitettavasti maanpinnan ja vastaavasti esteen aiheuttamia vaimennuksia ei voida yksinkertaisesti laskea yhteen. Maanpinnan vaimennus ja esteen vaimennus riippuvat frekvenssistä.

4.2.3 Heijastavien pystysuorien pintojen vaikutus

Pystysuorien heijastavien pintojen kuten talon seinien vaikutus on jokseenkin yksinkertainen laskea, jos on yksi yksittäinen tällainen pinta kuten esim. muodostuu ulos rivitalon eteen. Siinä äänitaso kohoaa yleensä 3 desibelillä. Tavallisen kaupunkikadun varrella, jonka molemmille puolille tulee melua, syntyy monimutkaisempi heijastuminen kahden seinän välille, mikä vaatii erityistä laskemista. Tällöin voi syntyä huomattavasti enemmän melua kuin siinä tapauksessa, että ei ole heijastavia talojen seiniä.

4.2.4 Sääolosuhteiden vaikutus

Maanpinnan vaikutukseen äänen leviämisolosuhteisiin vaikuttaa sää siten, että sade, routa, lumi jne. muuttaa maanpinnan akustisia ominaisuuksia. Tämän lisäksi tulevat ne muutokset äänen leviämisessä, jotka saadaan tuuli- ja lämpötilaolosuhteiden perusteella. Tuulen nopeus kasvaa normaalisti korkeuden maanpinnasta kasvaessa, mikä aiheuttaa äänirintaman taipumisen alaspäin myötätuulella, niin että saadaan äänenpaineen kohoaminen lähellä maata. Alaspäin taipuva äänirintama voi tällä tavoin mennä meluesteiden ohi, ja meluesteen vaikutus menetetään. Vastatuulella saadaan vastaavalla tavalla ylöspäin taipuva äänirintama, joka voi alentaa äänitason. Ylöspäin mentäessä nouseva lämpötila aiheuttaa suuremman äänen nopeuden korkeammalla ja sen vuoksi alaspäin taipuvan äänirintaman, joka aiheuttaa äänitason kohoamisen maanpinnan tasossa.

Sääolosuhteiden muutokset voivat aiheuttaa äänitasoon muutoksia, jotka suurehkoilla etäisyyksillä, esimerkiksi 200 metriä, voivat nousta ± 10 dB(A):han muuttumattomissa liikenneolosuhteissa vallitsevasta ekvivalenttitasosta. Hyvin suurilla etäisyyksillä erilaisissa sääolosuhteissa suoritetuista mittauksista saadut tulokset voivat erota huomattavasti toisistaan ja toisistaan liikennemelulaskennan tuloksesta.

4.2.5 Julkisivujen ääneneristys liikennemelua vastaan

Sisällä vallitsevaan äänitasoon vaikuttaa ulkona vallitsevan tason lisäksi julkisivujen ääneneristyskyky. Muutamat ulkoseinärakenteet - kuorimuureilla varustetut ulkoseinät, betonielementeistä tehdyt ulkoseinät, jne. - eristävät niin hyvin ääntä, että julkisivun eristyskyky kokonaan määräytyy ikkunarakenteiden ominaisuuksista. Ainoastaan ikkunoiden ollessa pieniä tai hyvin eristettyjä äänen siirtyminen ulkoseinän kautta voi olla merkityksellistä ääniominaisuuksien suhteen. Ääneneristyksessä esiintyvät vaihtelut erilaisten ikkunoiden välillä ovat suuria.

Ikkunat, joissa on erittäin hyvä tiivistys, suuri lasiväli ja paksut lasit, voivat olla erittäin hyviä äänen-eristäjiä liikennemelua vastaan.

Laskettaessa liikennemelun sisällä vallitsevia tasoja on tarpeen tietää se liikennemelun ulkona vallitsevan tason ja sisällä vallitsevan tason välinen ero, jonka kyseessä oleva ikkunarakenne aiheuttaa. Julkisivun etupuolella ulkona vallitsevan tason ja julkisivun takana sisällä vallitsevan tason väliseen eroon vaikuttaa ikkunarakenteen lisäksi myös ikkunapinta ja vastaanottohuoneen absorptio. Mitä suurempi on ikkunapinta-ala, sitä enemmän äänitehoa tunkeutuu rakennukseen, ja mitä suurempi on huoneen absorptio, sitä alhaisemmaksi tulee sisään tunkeutuvan melun aiheuttama äänitaso.

4.3 Laskentamallissa käytetyt edellytykset

Tässä esitettävät laskennat perustuvat valmiiksi lasketuihin tyyppitapauksiin, joita on mahdollista korjata näistä tyyppitapauksista poikkeavia tapauksia varten. Menetelmä on perusteltu sen vuoksi, että maanpinnan, melusteiden ja ulkoseinien aiheuttamat vaimennukset ovat toisiinsa kytkettyjä eikä niitä sen vuoksi yleensä voida laskea yhteen. Useat tapaukset äänen leviämisestä teiden varsilla ovat hyvin monimutkaisia, minkä vuoksi tiettyjä kiinteitä edellytyksiä on jouduttu tekemään lasketuille tyyppitapauksille. Nämä edellytykset ovat seuraavat:

- a) Kaikki tapaukset koskevat suoraa tietä, joka on suurin piirtein samalla korkeudella ympäröivän maanpinnan kanssa koko sillä matkalla, josta melua tulee.
- b) Maanpinnan on oletettu olevan verrattain sileää ja ruohoa kasvavaa. Keskivertotapaukseksi on katsottava maa, jonka kasvillisuus ei ole erityisen tiheää ja jonka huokoisuus on rajoitettu maanpinnassa. Tällainen maanpinta aiheuttaa kuitenkin olennaisen vaimennuksen, erityisesti jos sekä ajorata että vastaanottopiste

ovat matalalla maanpinnan yläpuolella. Jos pinta sen sijaan on betonia, asfalttia tai vettä, vaimennus pienenee olennaisesti.

- c) Liikennemelulaskennat on suoritettu edellyttämällä, että ilma on seisovaa ja lämpötila riippumaton korkeudesta sillä alueella, jossa äänen leviämistä tarkastellaan.

Näiden kiinteiden edellytysten lisäksi on selostettujen tyvppitapausten laskemisessa annettu tiettyjä arvoja parametreille, joita voidaan korjata erityisten korjausnomogrammien avulla.

- e) Lasketut tasot tyvppitapauksissa tarkoittavat tapausta, jossa liikennemäärä on 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

- f) Ajoneuvomäärästä 10 % oletetaan muodostuvan raskaasta liikenteestä syöttöväylillä, yhdysväylillä ja kokoojäväylillä. Vastaava luku pääväylien kohdalla on 15 %.

- g) Vuorokausiliikenteen jakautuma syöttöväylillä ja yhdysväylillä päivällä klo 06 - 18 on oletettu 75 %:ksi ja vastaava yöllä klo 23 - 06 5 %:ksi koko vuorokausiliikenteestä. Kokoojateilla vastaavat luvut ovat 70 % ja 7 % ja pääväylillä 70 % ja 8 %. Liikenne-ennusteen tai liikennelaskennan perusteella voidaan suorittaa korjauksia, jos liikennemäärä ja vuorokausijakautuma ja raskaan liikenteen osuus poikkeavat edellä mainituista arvoista.

- h) Sisällä vallitsevat tasot on laskettu edellyttäen, että ulkoseinän ääneneristys on huomattavasti suurempi kuin ikkunan ääneneristys ja että ikkunapinta-ala tarkastellussa huoneessa on 2 m^2 ja tähän kuuluvan huoneen absorptio 6 m^2 Sabine 125 Hz:ssä, 8 m^2 Sabine 250 Hz:ssä ja 10 m^2 Sabine frekvenssin ollessa 500 Hz tai enemmän.

- i) Ikkunarakenteen on edellytetty muodostuvan kaksilasisista ikkunoista lasien ollessa 3 mm paksuja ja välillä olevan ilmatilan 45 mm, joka on tavallinen ikkunarakenne nykyisessä tuotannossa. Sisällä vallitseviin ta-soihin voidaan suorittaa ulkoseinistä ja ikkurakenteista johtuvat korjaukset. Muunlaisten ikkunarakenteiden vuoksi suoritettu korjaus edellyttää, että äänen siirtyminen ikkunan läpi on dominoivaa verrattuna äänen siirtymiseen ulkoseinän läpi. Jos ikkunan ääneneristyskyky on erittäin hyvä tai sen pinta-ala on hyvin pieni ja ulkoseinän ääneneristyskyky muutoin ei ole erityisen hyvä, täytyy ottaa huomioon koko ulkoseinän ominaisuudet. Tässä laskentamenetelmässä ei käsitellä sitä, kuinka tämä tapahtuu.

4.4 Äänitason laskemisessa esiintyvät epävarmuudet

Tuleville liikennetilanteille lasketuissa liikennemelulaskennoissa on joukko virhelähteitä. Niissä korjauksissa, joita laskelmissa suoritetaan muulle liikennemäärälle kuin edellytetylle 10 000 ajoneuville vuorokaudessa, ei periaatteessa ole fysikaalisia virheitä. Virheitä voi kuitenkin esiintyä liikenne-ennusteissa. Vaaditaan kuitenkin suhteellisen suuria virheitä ennusteessa kokonaisajoneuvomäärän osalta jonakin ajanjaksona, jotta tästä aiheutuisi mainittavaa vaikutusta äänitasoihin. Liikenne-ennusteissa voi kuitenkin tapahtua huomioon otettavia virheitä, varsinkin jos ennustevuodet on valittu pitemmälle tulevaisuuteen kuin 10 - 15 vuoden päähän.

Melulaskennat sisältävät kuitenkin vuorokausiliikenne-ennusteen lisäksi myös olettamuksia, jotka koskevat liikenteen jakautumista päivälle ja yölle sekä raskaan liikenteen osuutta. Niissä korjauksissa, jotka suoritetaan muun vuorokausijakautuman vuoksi kuin tapauksissa on edellytety, ei kuitenkaan ole fysikaalisia virheitä. Korjaus, joka suoritetaan sen vuoksi, että raskaiden ajoneuvojen osuus on muu kuin 10 %, on sitä vastoin ainoastaan likimääräinen, koska melun spektri raskaille ja kevyille ajoneuvoille on jonkin verran erilainen.

Lisäksi esiintyy virhelähteitä, jotka aiheutuvat äänilähteestä ts. liikenteestä. Jotta otettaisiin huomioon äänitason riippuvuus ajoneuvojen nopeudesta, on nopeusmuuttujaksi valittu vallitseva nopeusrajoitus. Todellisen nopeuden poikkeaman muutokset nopeusrajoituksesta muodostavat tällöin virhelähteen. Laskennoissa on edelleen oletettu, että yksittäisten ajoneuvojen äänentuotto keskimäärin on sama kuin nykyisten ajoneuvojen sekä äänen tasojakautuman että frekvenssijakautuman suhteen. Tämä aiheuttaa tiettyä epävarmuutta laskettaessa liikennemelutasoja ennustevuosille, jotka ovat kaukana tulevaisuudessa. Ottaen huomioon suhteellisen pitkän ajan, ennen kuin ajoneuvokanta on kokonaan uudistunut, sekä sen että mitään radikaalia henkilöautojen aiheuttaman melun pientymistä nykyään ei ole odotettavissa, ei tämän virhelähteen oleteta aiheuttavan laskettaessa ekvivalenttitasoja ennustevuosille noin vuoteen 1985 saakka huomattavia virheitä. Koska sitä vastoin raskaiden ajoneuvojen aiheuttamassa melussa voi tapahtua pientymistä tämän ajan aikana, voi niihin etäisyyksiin, jotka tässä on annettu pienimpinä etäisyyksinä liikenneväylästä, jotta täytettäisiin 45 dB(A):n raja yksittäisistä raskaista ajoneuvoista lähtevälle melulle, liittyä suurehkoa epävarmuutta, ja tulevaisuudessa siis tämä melu voi mahdollisesti olla pienempi.

Laskentanomogrammeissa käytetyt lähtöarvot ovat voimassa ajoradan ollessa kuiva ja tien ollessa päällystetty sileällä asfaltilla. Toisenlaisilla tiepäällysteillä aiheutuva melu voi poiketa oletetusta tasosta. Karkeat tai epätasaiset tiepäällysteet (esim. karkeat asfalttipäällystetyypit) voivat kirjallisuudessa selostettujen mittauksen mukaan aiheuttaa melutasoja, jotka ovat 5 - 10 dB(A) suurempia kuin ne, joita saadaan sileällä asfaltilla. Nastarenkaiden käyttäminen aiheuttaa verrattuna nastoittamattomiin renkaisiin melutason

nousemisen muutamalla dB(A):lla.

Ne melun lisäykset, jotka syntyvät määrällä ajoradalla ja käytettäessä nastarenkaita, aiheuttavat sen, että melu saa korkeampifrekvenssisen luonteen, minkä johdosta korotus tulee vaikuttamaan enemmän ulkona vallitsevaan tasoon eikä niin paljoa sisällä vallitsevaan tasoon ikkunoiden korkeissa frekvensseissä paremman ääneneristyksen perusteella.

Laskelmat perustuvat edelleen ikkunasuuruutta ja siihen liittyvää huoneen absorptiota koskeviin edellytyksiin. Ikkunasuuruuksien ja huoneen absorption poikkeamien perusteella aiheutuvat virheet lienevät yleensä pieniä, mutta ne tulee ottaa huomioon liikennemelumittauksissa samoin kuin mitattaessa mahdollisesti puutteellista ulkoseinän eristystä.

Ikkunan ääneneristyskyky liikennemelua vastaan voi vaihdella eri tilanteissa, mm. riippuen vähenemisen riippuvuudesta sisääntulokulmasta sekä liikennemelun frekvenssijakautuman vaihtelusta liikenteen eri koostumuksilla. Tämä aiheuttaa lisävirhelähteen sisällä vallitsevien tasojen laskemisessa. Lisäksi on vaikeaa määritellä ikkunan ääneneristys silloin, kun se on asennettu rakennukseen paikalleen, koska mm. tiivistyksen suoritustapa ym. vaikuttaa tähän. Markkinoilla on nykyään ikkunoita, joiden ääneneristyskyky aiheuttaa sen, että ulkona vapaassa kentässä vallitsevan tason ja suljetun ikkunan takana sisällä vallitsevan tason välinen erotus voi olla suurin piirtein välillä 5 dB(A) huonompi - 10 dB(A) parempi kuin normaaleissa kaksilasi-ikkunoissa. Suoritettaessa oletetusta standardi-ikkunasta liikennemelun eristyskyvyn suhteen poikkeavien ikkunarakenteiden vuoksi korjauksia, lisääntyy epävarmuus lasketuissa sisällä vallitsevissa tasoissa.

Suurimmat epävarmuudet laskettuihin arvoihin aiheutuvat kuitenkin säästä ja maanpinnasta riippuvasta äänen leviämisestä maanpinnan yläpuolella. Tietous näistä seikoista ei ole riittävän suuri, jotta kysymystä voitaisiin käsitellä täysin tyydyttävällä tavalla. Tämä tulee erityi-

sesti ottaa huomioon mahdollisissa tarkistusmittauksissa, niin että ne suoritetaan sellaisissa meteorologissa olosuhteissa, jotka mahdollisimman suuressa määrin ovat samat kuin laskelmissa on edellytetty.

Nämä epävarmuudet tulevat erityisen suuriksi, kun sekä liikenneväylä että tarkastelupiste on pienellä korkeudella ympäröivästä maanpinnasta ja etäisyydet ovat suuria. Tämä tilanne valitettavasti täytyy hyväksyä tässä vaiheessa. Kun sitä vastoin on kysymys korkealla sijaitsevista tarkastelupisteistä ja erityisesti jos myös tien ajorata sijaitsee korkealla, epävarmuudet ovat olennaisesti pienempiä ja niiden vaikutus ekvivalenttitasoon on 2 - 3 dB(A) kohtuullisilla etäisyyksillä liikenneväylästä.

Tässä laskentamallissa esitetään "normaalitapauksia" varten olevien laskentanomogrammien lisäksi muutamia likimääräisiä menetelmiä niissä tilanteissa suoritettavaa laskemista varten, jotka eivät sisälly normaalitapauksiin. Milloin näitä likimääräisiä menetelmiä käytetään, tulee varautua jonkin verran suurempiin epävarmuuksiin.

Huolimatta edellä mainituista mahdollisista virhelähteistä liikenteen melutasojen laskemisessa voitaneen kuitenkin lähtömateriaalin ollessa täydellinen melutasot laskea hyväksyttävällä tarkkuudella. Niissä tapauksissa, joissa on voitu suorittaa vertailuja, laskettujen ja mitattujen arvojen väliset poikkeamat ovat olleet muutamien desibeleiden suuruisia.

4.5 Laskentanomogrammit ja laskennan kulku

Tiettyssä pisteessä vallitsevaan äänitasoon vaikuttaa joukko tekijöitä, jotka ovat kytkeytyneitä toisiinsa. Tämän vuoksi laskennan perusta selostetaan laskettujen tyyppitapausten muodossa. Näitä lähtöarvoja on esitettyissä nomogrammeissa kahdeksaa maastoleikkausta varten,

joissa tien korkeus sekä mahdollisen meluesteen sijoitus ja korkeus ovat parametreina. Näitä kahdeksaa maastoleikkausta selostetaan sivuilla 74 - 77 . Vastaavissa tyyppitapauksissa on edellytetty, että eri kohdissa tien pituussuunnassa poikkileikkaukset ovat identtisiä. Tien ja laskentapisteen välinen etäisyys sekä laskentapisteen korkeus maanpinnasta ovat jatkuvia muuttujia nomogrammeissa. Nomogrammeista saadaan sisällä vallitseva ekvivalenttitaso päivän aikana ja yön aikana sekä ulkona vallitseva taso päivän aikana edellytetyin ehdoin. Ulkona vallitseva taso on vapaassa kentässä vallitseva taso ilman heijastavien pystysuorien pintojen vaikutusta. Sisällä vallitseva taso on suljetuin ikkunoin saatava taso. Näitä kahdeksaa nomogrammia selostetaan kutakin neljää liikenneväyläluokkaa varten niiden yleisten edellytysten vallitessa, jotka on esitetty. Lähtönomogrammien yläosassa ilmoitetaan lisäksi ne edellytykset, jotka koskevat vastaavaa liikenneväyläluokkaa. Nomogrammit on esitetty sivuilla 78 - 85.

Meluesteitä käsittelevissä tapauksissa ei käsitellä pisteitä, jotka sijaitsevat ajoradan ja esteen harjan välisen näkösäteiden yläpuolella. Jos vastaanottaja on tämän yläpuolella, tulee käyttää vastaavia tapauksia, joissa ei ole meluesteitä, vaikka tällä tavalla raja-alueelle välittömästi näkölinjan yläpuolella saadaan yleensä liian korkeita ekvivalenttitason arvoja.

Laskentamalliin kuuluu korjaustaulukkoja, jotka mahdollistavat korjausten tekemisen niiden poikkeamien johdosta, joita esiintyy annetuista edellytyksistä. Näitä korjaustaulukoita käsitellään lähemmin osassa, joka käsittelee laskennan kulkua ja jossa annetaan myös ohjeet siitä, kuinka likimääräisiä laskelmia voidaan tehdä eräille tapauksille, jotka eivät kuulu nomogrammien piiriin.

Sivulla 72 olevasta taulukosta saadaan tarpeelliset etäisyydet lähimmästä ajokaistasta, jotta maksimitasoa 45 dB(A) yksittäisten ajoneuvojen kulkiessa ohi ei ylitettäisi. Taulukon arvot tarkoittavat tämän hetken ajoneuvokannan

ajoneuvojen keskimääräisarvoja ja koskevat raskasta keskimääräisajoneuvoa ja vastaavasti keskimääräistä henkilöautoa.

4.5.1 Laskennan kulku

A. Ekvivalenttitason laskeminen tietyllä etäisyydellä tiestä

Laskentapisteen etäisyys tien keskilinjaan määrätään. Katsotaan, mihin sivuilla 74 - 77 selostetuista tyypeistä tien ja pisteen kautta kulkeva leikkaus kuuluu. Jos ei voida saavuttaa yhteensopivuutta tai suoritetaan interpolointi (katso myöhemmin), valitaan lähinnä huonompi (huonompi = korkeampi melutaso) maastoleikkaus. Ekvivalenttitason arvot saadaan sitten sopivasta lähtönomogrammista. Ulkona vallitsevat arvot saadaan lukemalla se dB-arvo, jonka leikkaa pystysuora etäisyysviiva. Sisällä vallitseva arvo saadaan lukemalla päivän ja vastaavasti yön dB-arvo siltä alueelta, jolla laskentapisteen etäisyysviivan ja korkeusviivan välinen leikkauspiste on. Ulkona vallitsevat arvot pätevät siis ainoastaan lähellä maanpintaa, kun taas sisällä vallitsevat arvot pätevät 2 - 16 metrin välillä oleville korkeuksille. Ulkona vallitsevat arvot tarkoittavat vapaan kentän arvoja. Heijastavan ulkoseinän edessä saadaan heijastumisen vuoksi noin 3 dB(A) korkeampi ekvivalenttitaso kuin nomogrammista luettu arvo.

Tämän jälkeen tehdään korjauksia tarpeen mukaan kohtien 1 - 6, 9 - 10 ja 12 - 13 mukaan. Mikäli ei muuta ilmoiteta, saadaan korjaus korjaustaulukosta, jonka numero on sama kuin vastaavan kohdan numero. Nämä korjaustaulukot on esitetty lähtönomogrammien jälkeen sivuilla 86 - 93. Jokaisesta korjaustaulukosta luetaan luku, joka on 0 jos perusedellytykset hyväksytään laskentatapauksen soveltuvuuden perusteella tai sen vuoksi, että lähtötietoja ei tunneta lähemmin. Muussa tapauksessa lisätään luetut korjausarvot etumerkkeineen alunperin saatuihin ekvivalenttitasoihin sisällä ja

ulkona päivällä ja yöllä.

Tällä tavalla tiettyä tilannetta (standardi-ikkunat) varten laskettujen sisällä vallitsevien tasojen ja ehdotettujen imissioraja-arvojen välinen vertailu antaa mahdollisuuden asettaa yksilöityjä vaatimuksia ääneneristykseksi suhteessa standardi-ikkunaan niille ikkunarakenteille, joita voi esiintyä.

Seuraavassa seuraa luettelo niistä korjauksista, joita voidaan tehdä. Numerointi vastaa korjaustaulukoiden numerointia.

1. Jos kyseessä olevan tien nopeusrajoitus poikkeaa liikenneväyläluokan normaalista nopeudesta, tehdään nopeuskorjaus lähtönomogrammin kanssa samalla aukeamalla olevien ohjeiden mukaan.
2. Liikennemäärä on muu kuin 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa.
3. Liikenteen jakautuminen päivälle ja yölle muu kuin liikenneväyläluokalle kaavamaisesti edellytetty.

Mikäli korjauksia on tarpeen suorittaa, niitä tarvitsee suorittaa melkein poikkeuksetta ainoastaan yöarvoihin. Syynä tähän on, että liikenneosuuden siirtyminen vuorokausiliikenteen muutamalla %:lla aiheuttaa suhteellisesti suuremman muutoksen yöliikenteeseen kuin päiväliikenteeseen. Tämä aiheuttaa sen, että päivän ekvivalenttitason korjausta dB(A):na yleensä ei tarvitse suorittaa.

4. Kuorma-autojen osuus on muu kuin edellytetty.
5. Kiihdyttäminen

Kiihdyttävät ajoneuvot aiheuttavat suuremman melutason kuin tasaisella nopeudella ajavat ajoneuvot. Liikenteen ollessa liikennevaloin ohjattua ajoneuvot seisovat liikkumatta tiettyinä aikoina ja ne aiheuttavat

enemmän melua kiihdytysten aikana. Tämä johtaa säännöllisesti ekvivalenttitason tiettyyn kohoamiseen verrattuna vapaaseen suoraan tiehen.

6. Pituuskaltevuus

Nousu vaikuttaa kohottavasti ekvivalenttitasoon, koska ajoneuvojen moottoreista otetaan suurempi teho. Erityisen merkittäväksi kohoaminen tulee, jos vastamäki on niin pitkä, että ajoneuvoja ajetaan pienemmällä vaihteella kuin vaakasuoralla tiellä kysymyksessä olevalla nopeudella. Vaihdettaessa pienemmälle vaihteelle melutaso lisääntyy noin 5 dB(A).

9. Ulkoseinän edessä tapahtuva heijastuminen

Korjaus ainoastaan ulkona vallitsevaan tasoon + 3 dB(A) 2 metriä ulkoseinästä.

10. Osamatkojen vaikutuksen laskeminen

Perusmenetelmien tyyppitapauksissa edellytetään päättymättömän pitkää suoraa tietä, jonka poikkileikkaus pysyy vakiona. Tyypitapauksia ei siis voida suoraan soveltaa, jos esimerkiksi melusteolosuhteet vaihtelevat tai tien kaltevuus vaihtelee. Tällöin voidaan laskea eri osamatkojen vaikutus kokonaisekvivalenttitasoon korjaustaulukkojen 10a ja 10b avulla, joista 10a pätee maan aiheuttaman vaimennuksen ollessa alhainen ja taulukko 10b maan aiheuttaman vaimennuksen ollessa suuri.

Alhaista maan aiheuttamaa vaimennusta varten olevaa korjaustaulukkoa tulee käyttää tien keskiviivasta laskettujen etäisyyksien ollessa suhteellisen pieniä ja tien ja laskentapisteen välisen maanpinnan ollessa kova (betoni, asfaltti, vesi tai vastaava). Muissa tapauksissa tulee käyttää korjaustaulukkoa, joka on tarkoitettu käytettäväksi maan aiheuttaman vaimennuksen ollessa suuri.

Oletetaan, että jokin maastoleikkauksista pätee tien yhdelle osapituudelle. Tällöin voidaan lukea lähtönomogrammista, minkä ekvivalenttitason (päättymätön) pitkä suora tie antaa annetulla leikkauksella. Lisäämällä taulukon 10a tai vastaavasti taulukon 10b mukainen korjaus saadaan sitten ekvivalenttitasoon lisä tarkastellusta osamatkasta.

Osittaisen estevaikutuksen tavallinen tapaus on seuraavanlainen:

Jos tietä joltakin osalta reunustaa esimerkiksi se rakennus, jossa lasketaan äänitasoa, saadaan matalampi äänitaso kuin suoralle vapaalle tielle. Jos rakennus on kohtisuoraan tien suhteen, tulee ainoastaan puolet tien pituudesta aiheuttamaan melua pitkillä seinillä, mikä tarkoittaa, että ekvivalenttitaso jää 3 dB(A) pienemmäksi.

12. Muu korjaus (korjaustaulukko puuttuu)

Korjauksia voi olla joskus tarpeen suorittaa useiden muiden kuin edellä käsiteltyjen tekijöiden vuoksi. Esimerkiksi voidaan suorittaa laskelmiin korjaus niissä tapauksissa, kun tien päällyste on muu kuin edellytetty sileä asfalttipäällyste.

Korjauksia voi myös olla tarpeen suorittaa käytettäessä ikkunoita, joiden ääneneristyskyky poikkeaa standardiikkunan ääneneristyskyvystä. Menettelytapaa tullaan selostamaan valtion suunnittelulaitoksen erillisessä julkaisussa.

13. Ekvivalenttitasojen yhteenlasku

Jos laskentapisteeseen tulee melua useista liikenneväylistä ja kunkin väylän osavaikutus voidaan laskea perusmenetelmien avulla, voidaan tämän jälkeen laskea kokonaismelutaso taulukon 13 avulla. Samaa taulukkoa voidaan käyttää eri osamatkoilta kohdan 10 mukaan tulevien melujen yhteenlaskemiseksi.

B. Ekvivalenttitason laskeminen niissä tapauksissa,
jotka eivät suoraan kuulu lähtönomogrammien piiriin

Tässä annetaan eräitä ohjeita siitä, kuinka voidaan suorittaa likimääräinen tieliikennemelutason laskeminen niissä tapauksissa, jotka eivät kuulu lähtönomogrammien piiriin. Koska useissa tapauksissa on kysymys melko karkeista likimääräistyksistä, tästä seuraa, että yleisesti tulee olettaa tällä tavoin lasketuissa arvoissa olevan jonkin verran suurempi epävarmuus kuin normaalitapauksissa. Tämä pätee erityisesti laskelmiin, jotka on suoritettu etäisyyksien ollessa suurempia kuin 300 metriä. Seuraavassa saatuja tasoja voidaan korjata edellä annettujen kohtien 1 - 6, 9 - 10 ja 12 - 13 mukaan.

a) Etäisyys < 25 metriä.

Lue tasot kyseessä olevalta korkeudelta maanpinnasta etäisyyden ollessa 25 metriä maastoleikkauksessa 2 lähtönomogrammeissa. Korjaa nämä arvot korjaustaulukon 7 mukaan. Tämän korjaustaulukon lähtöparametrit ovat etäisyydet liikenneväylän kauimmaisiin ja vastaavasti lähimpiin rajaviivoihin.

b) Etäisyys > 300 metriä.

Lue taso kyseessä olevalta korkeudelta sopivasta lähtönomogrammista etäisyyden ollessa 300 metriä sekä tee etäisyyskorjaus korjaustaulukon 8 mukaan.

c) Laskentapisteen korkeus maanpinnasta suurempi kuin 16 metriä. Lue taso 16 metrin korkeudelta.

d) Kaupunkien sisäosat

Kaupungin sisäosan kadun varrella olevissa rakennuksissa vallitsevan äänitason laskemisessa esiintyy usein vaikeuksia. Yleensä ei ole mahdollista soveltaa melulaskentoihin sitä menetelmää, jota muuten on

selostettu näissä ohjeissa. Jotta mahdollistettaisiin niiden melutasojen arvioiminen, jotka voivat esiintyä, selostetaan kuitenkin tässä erästä laskentamenetelmää, joka kuitenkin aiheuttaa suuremman epävarmuuden tulokseen kuin muissa tapauksissa sovellettavat menetelmät. Laskennat perustuvat tiettyihin lähtöarvoihin, joita korjataan korjaustaulukoiden avulla.

Edellytykset:

Ajoneuvomäärä 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa

Raskaiden ajoneuvojen osuus 10 %

75 % liikenteestä päivällä

15 % liikenteestä yöllä

Standardi-ikkunat

Etäisyys tien keskiviivasta 25 metriä

Lähtöarvot:

Ekvivalenttitaso dB(A):na

nopeus	70	50
sisällä päivällä	42	40
sisällä yöllä	33	31
ulkona	67	65

Soveltuvat korjaukset aikaisempien ohjeiden mukaan:

2 - 4, 6 - 7, 9 ja 12.

Kadun toisella puolella olevat rakennukset aiheuttavat heijastumista, joka otetaan huomioon taulukon n:o 11 mukaisen korjauksen avulla. Kaksipuolisen rakennusrivin tulee olla yhtenäinen, minkä vuoksi pituus tulee korkeintaan yhtä suureksi kuin korttelin pituus. Jos sivuilla on kadun leveyden suuruinen aukko, katsotaan kaksipuolinen rakennusrivi päättyneeksi tähän aukkoon. Vastakkaisella puolella olevan rakennusrivin korkeuden tulee olla vähintään yhtä suuri kuin laskentapisteen korkeus miinus kaksi kerrosta. Jos olosuhteet eivät ole tunnettuja, voidaan menetelmää yksinkertaistaa lisää-

mällä 2 dB(A) kaksipuolisen rakennusrivin mahdollisen vaikutuksen vuoksi.

Kaupungin sisäosien katujen liikenne on melun tuottamisen kannalta hyvin epähomogeenista. Esiintyy suuria poikkeamia liikennerytmissä ja tempossa. Sen vuoksi useimmiten on vaikeaa täydellisellä tavalla luonnehtia liikennetilannetta. Jos tiedetään jonkin verran olevista tai odotetuista liikenneolosuhteista, voidaan kuitenkin suorittaa korjaus liikennetilanne huomioon ottaen. Useimmissa tapauksissa saadaan hyväksyttäviä arvoja edellä mainituin lähtöarvoin. Erittäin meluavissa liikennetilanteissa saadaan usein parempi tulos, jos saatuun tulokseen lisätään muutamia desibelejä. Kuitenkaan korjaustaulukon 5 mukaista kiihtyvyyden aiheuttamaa korjausta ei suoriteta.

Tällä tavalla lasketun tason oletetaan vallitsevan neljässä alimmassa kerrostaossa. Korkeammalla sijaitsevien kerrosten osalta vähennetään tasoa noin 0,5 dB(A):lla kerrosta kohti.

e) Kahden maastoleikkauksen välillä oleva tapaus

Käytännön laskemistyössä joudutaan usein seuraavan esimerkin tapaisen ongelman eteen.

- Ajoradan korkeus maanpinnasta on 0 ja 2 metrin välillä.
- Meluesteen ja tien keskiviivan välinen etäisyys on 20 ja 40 metrin välillä.
- Meluesteen korkeudet ovat jossakin lasketuissa tyyppitapauksissa esiintyvien arvojen välillä.

Näissä tapauksissa voidaan saada riittävän tarkka arvo liikenteen melutasolle interpoloimalla viereisten maastoleikkausten välillä. Jos kahden vierekkäisen maastoleikkauksen lähtöarvot eivät poikkea toisis-

taan enempää kuin 4 dB(A), voidaan suorittaa lineaarinen interpolointi riittävällä tarkkuudella.

C. Korkeimpaa sallittua liikenteen melutasoa vasta-
etäisyyksien laskeminen

Lähde normiarvosta. Vähennä etumerkkeineen ne dB-arvot, jotka luetaan vastaavista korjaustaulukoista. Lue ottaen huomioon maastoleikkaus sopivasta lähtönomogrammista samalta aukeamalta kyseessä olevan liikenneväyläluokan kohdalta se etäisyys, jossa niin muodoin on uudestaan laskettu dB-arvo. Tämä etäisyys on silloin pienin etäisyys normiarvon täyttämiseksi kyseessä olevassa maastoleikkauksessa.

D. Yksittäisistä ajoneuvoista lähtevän melun vaatiminen
pienimpien etäisyyksien laskeminen

Jos tiellä ei ole meluesteitä (lähtönomogrammit n:o 1 ja 2), voivat yksittäiset raskaat keskimääräisajoneuvot aiheuttaa maksimitason, joka on korkeampi kuin 45 dB(A) ikkunoiden ollessa normaalit. Tämän melun osalta ei tarvitse ottaa huomioon tien ja laskentapisteen korkeuden vaihteluja. Seuraavaa taulukkoa voidaan käyttää eri etäisyyksillä saatavien maksimitasojen arvioimiseksi dB(A):na.

Taulukosta saadaan ne likimääräiset etäisyydet, joilla saadaan sisällä vallitsevat maksimitasot. Taulukkoarvot pätevät normaaleille kaksilasi-ikkunoille. Jos on käytetty muunlaisia ikkunoita, arvoja voidaan korjata. Raskaiden keskimääräisajoneuvojen arvoja tulee käyttää, kun raskasta liikennettä voidaan odottaa esiintyvän, ts. pääväylillä, kokoojaväylillä, yhdysväylillä sekä syöttöväylillä, joissa on läpikulkuliikennettä. Muissa tapauksissa käytetään keskimääräisen henkilöauton arvoja.

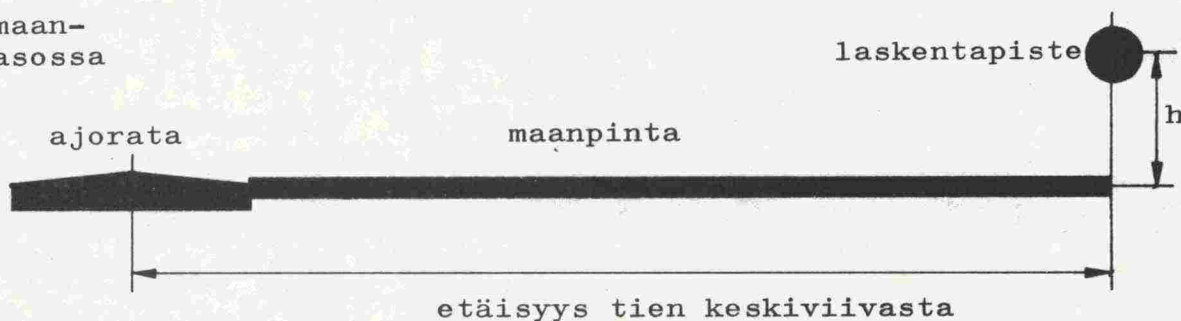
Taulukon arvot pätevät nopeuden ollessa tasainen, ts. kun ei esiinny kiihdyttämistä ja vastaavaa. Jos esiintyy kiihdyttämistä tai tiessä on nousu, ajoneuvojen aiheuttama melu lisääntyy, jolloin taulukon arvoja tulee suurentaa

maastoleikkaukset 1-4

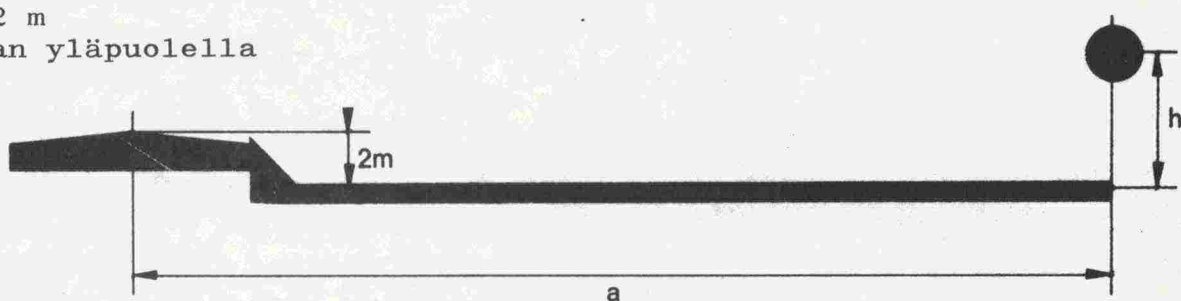
Leikkaukset liikenneväylän ja laskentapisteen välisen lyhimmän etäisyyden kautta

leikkaus, jolle suoritettu tyyppitapauslaskenta

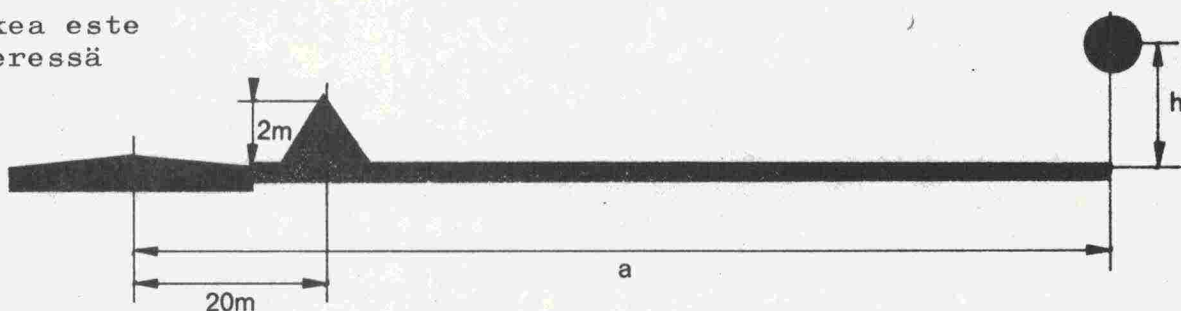
1 ajorata maanpinnan tasossa



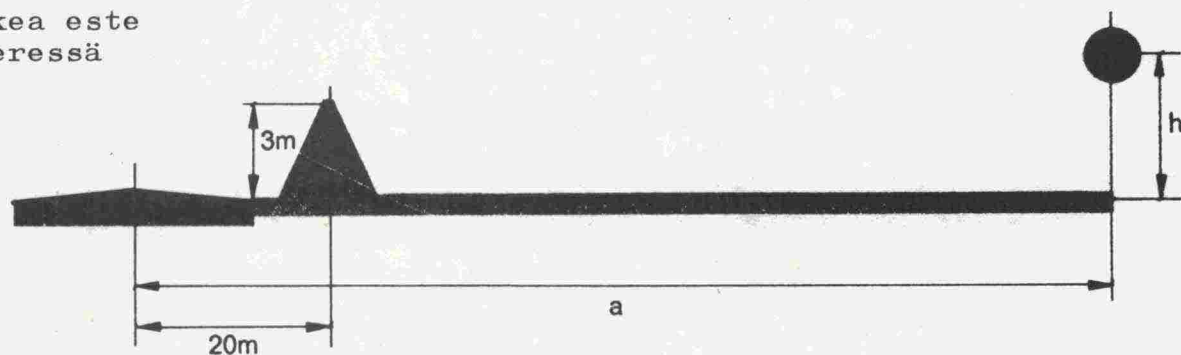
2 ajorata 2 m maanpinnan yläpuolella



3 2 m korkea este tien vieressä

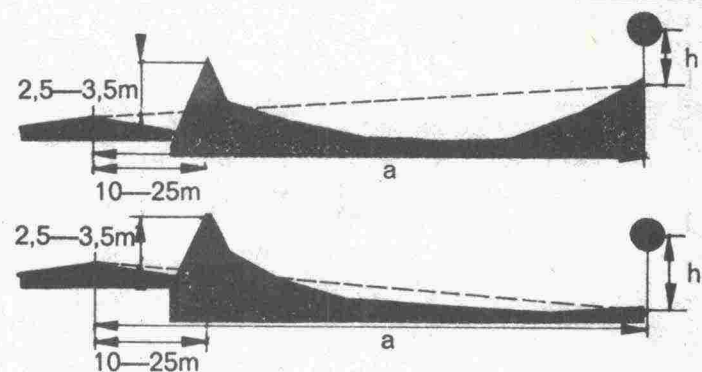
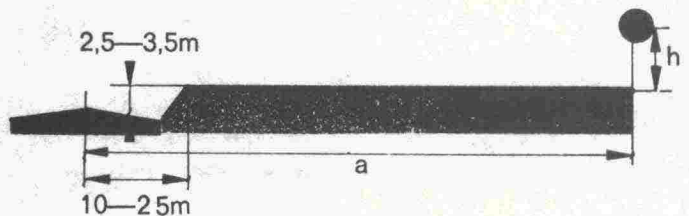
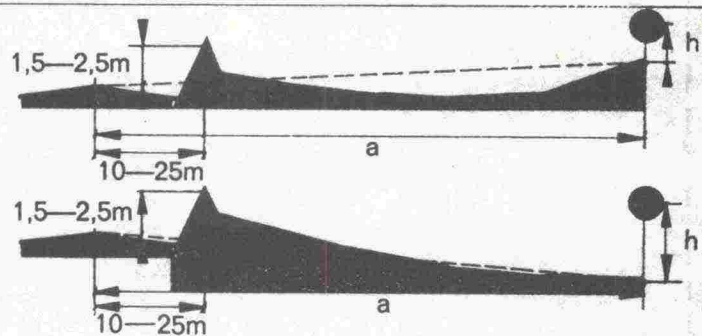
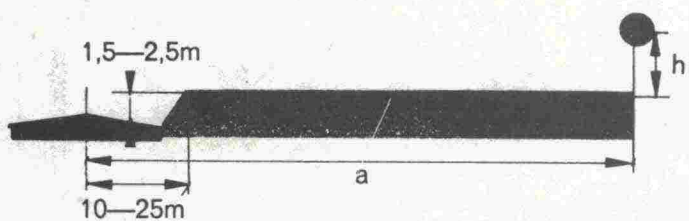
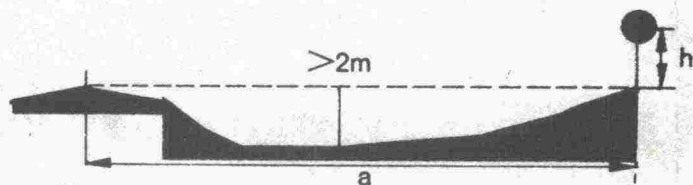
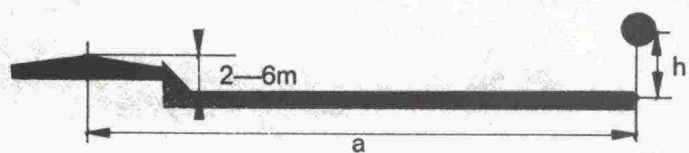
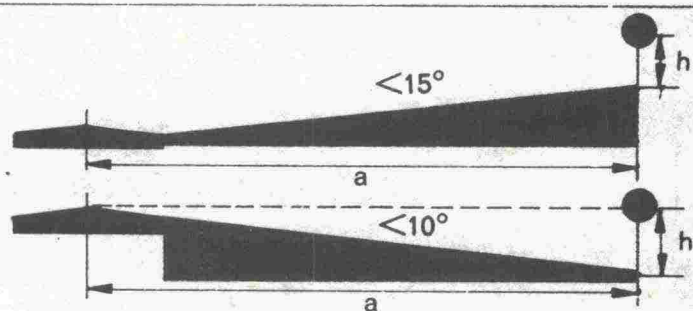
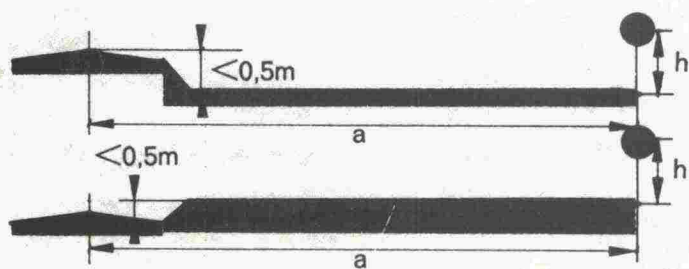


4 3 m korkea este tien vieressä



h = laskentapisteen korkeus maanpinnan tasosta

leikkauksia, joille nomogrammeja voidaan soveltaa
hyväksyttävällä tarkkuudella

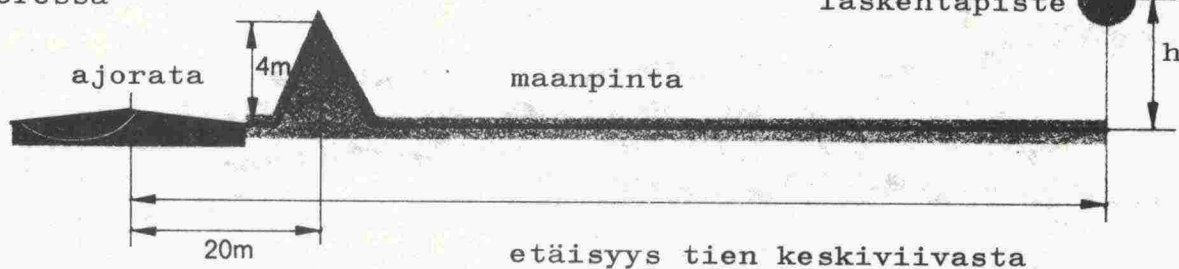


maastoleikkaukset 5-8

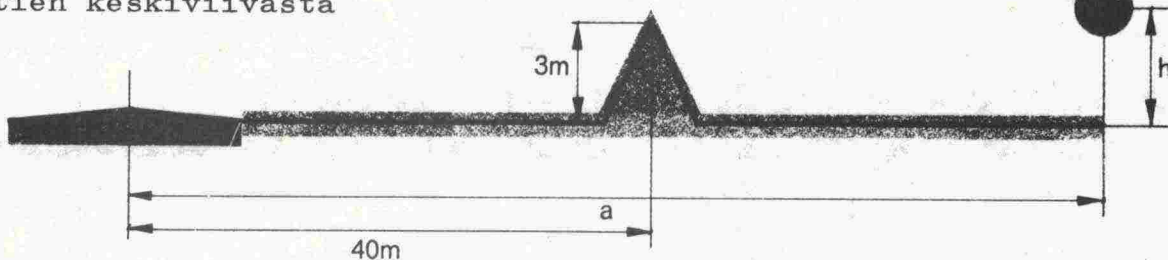
Leikkaukset liikenneväylän ja laskentapisteen välisen lyhimmän etäisyyden kautta

leikkaus, jolle suoritettu tyyppitapauslaskenta

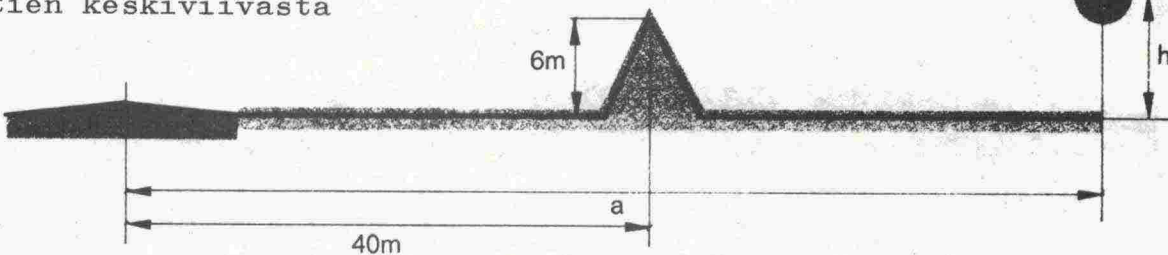
- 5** 4 m korkea este tien vieressä



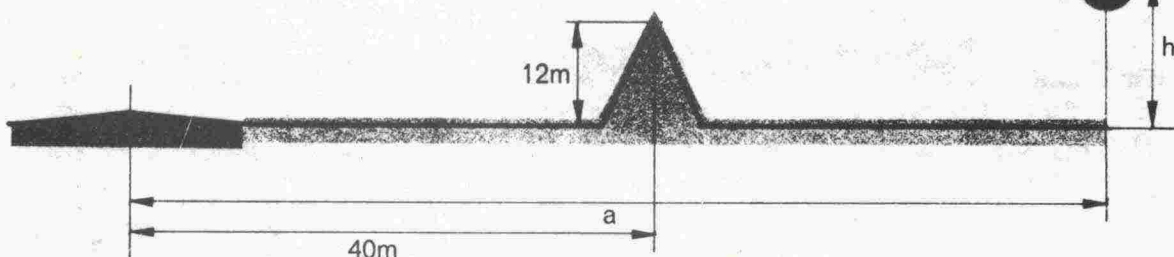
- 6** 3 m korkea este 40 m:n päässä tien keskiviivasta



- 7** 6 m korkea este 40 m:n päässä tien keskiviivasta

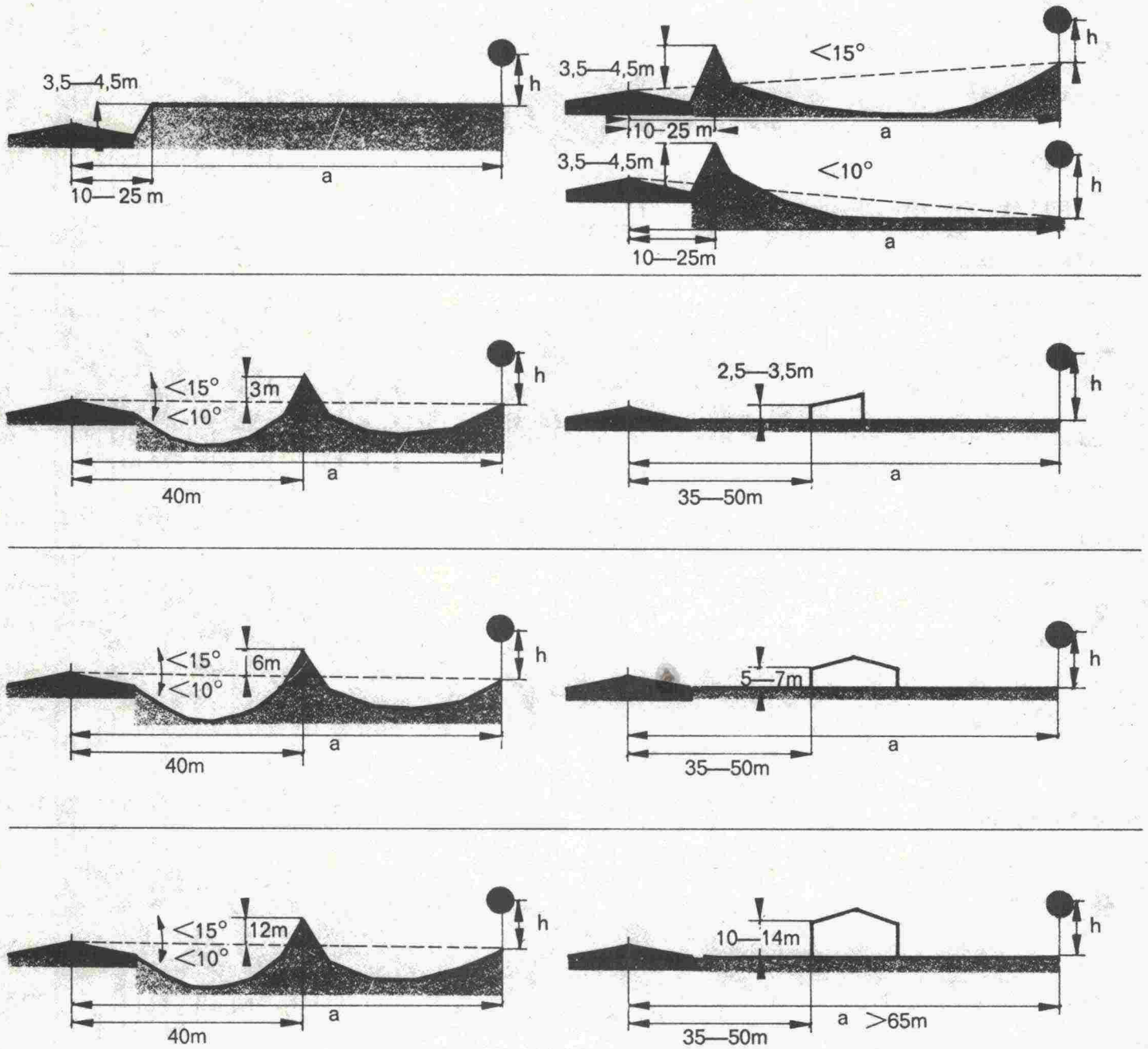


- 8** 12 m korkea este 40 m:n päässä tien keskiviivasta



h = laskentapisteen korkeus maanpinnan tasosta

leikkauksia, joille nomogrammeja voidaan soveltaa
hyväksyttävällä tarkkuudella



pääväylä 110, 130 km/h

edellytykset:

maastoleikkaukset 1-8

ajoneuvomäärä 10 000 ajon/vrk

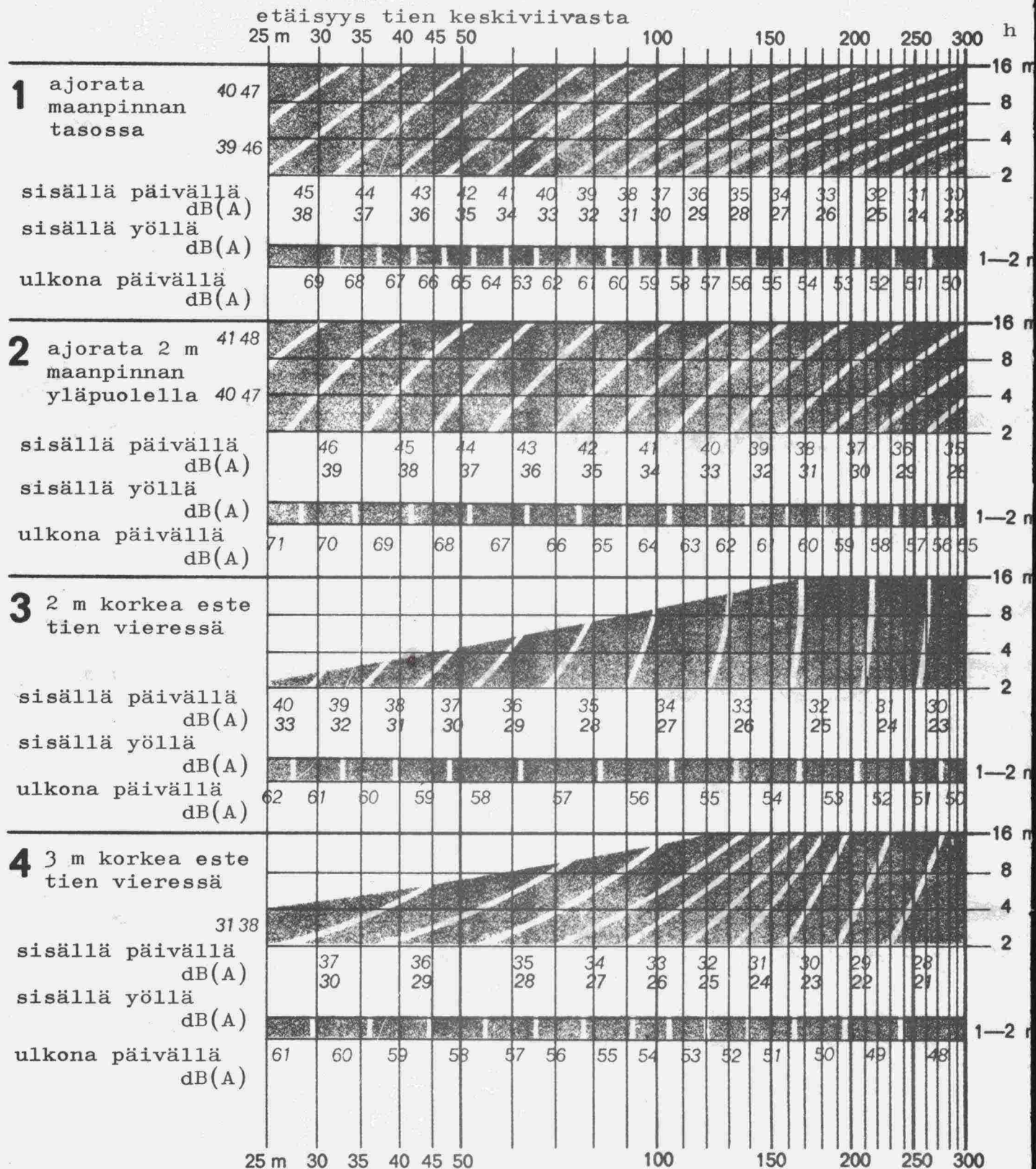
raskaiden ajoneuvojen osuus 15 %

päivän aikana 70 % vuorokausiliikenteestä

yön aikana 8 % vuorokausiliikenteestä

standardi-ikkunat

tasainen, suora tie

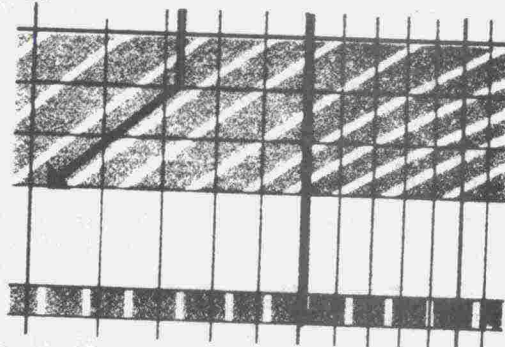


sisällä val-
litsevien
arvojen
lukeminen 50

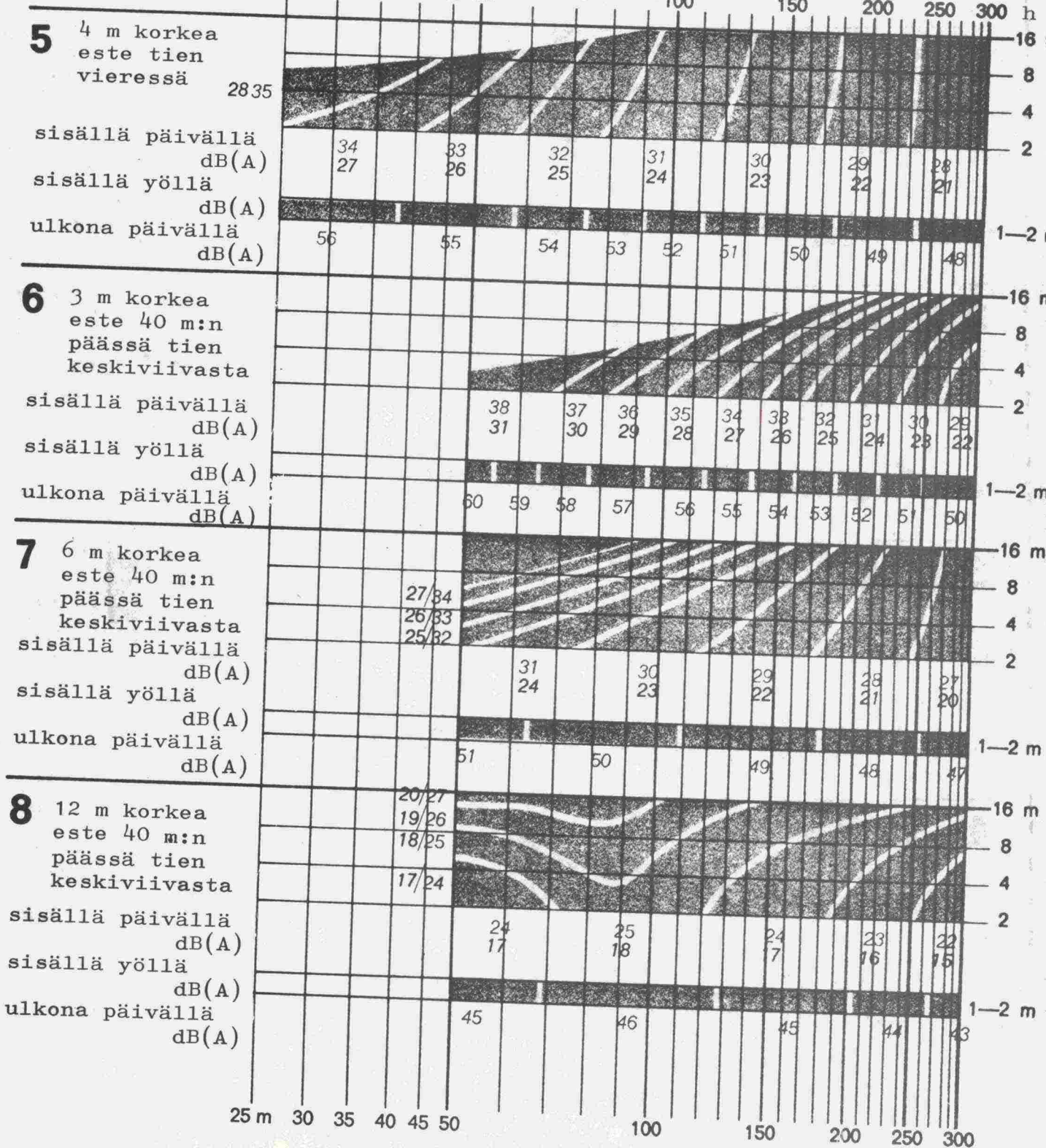
ulkona val-
litsevien
arvojen
lukeminen 79

muusta merkitystä nopeusrajoituksesta
aiheutuva korjaus

90 km/h —2 dB(A)
70 km/h —5dB(A)
50 km/h —7 dB(A)



etäisyys tien keskiviivasta
25 m 30 35 40 45 50 100 150 200 250 300 h



kokoojaväylä 90 km/h

edellytykset:

maastoleikkaukset 1-8

ajoneuvomäärä 10 000 ajon/vrk

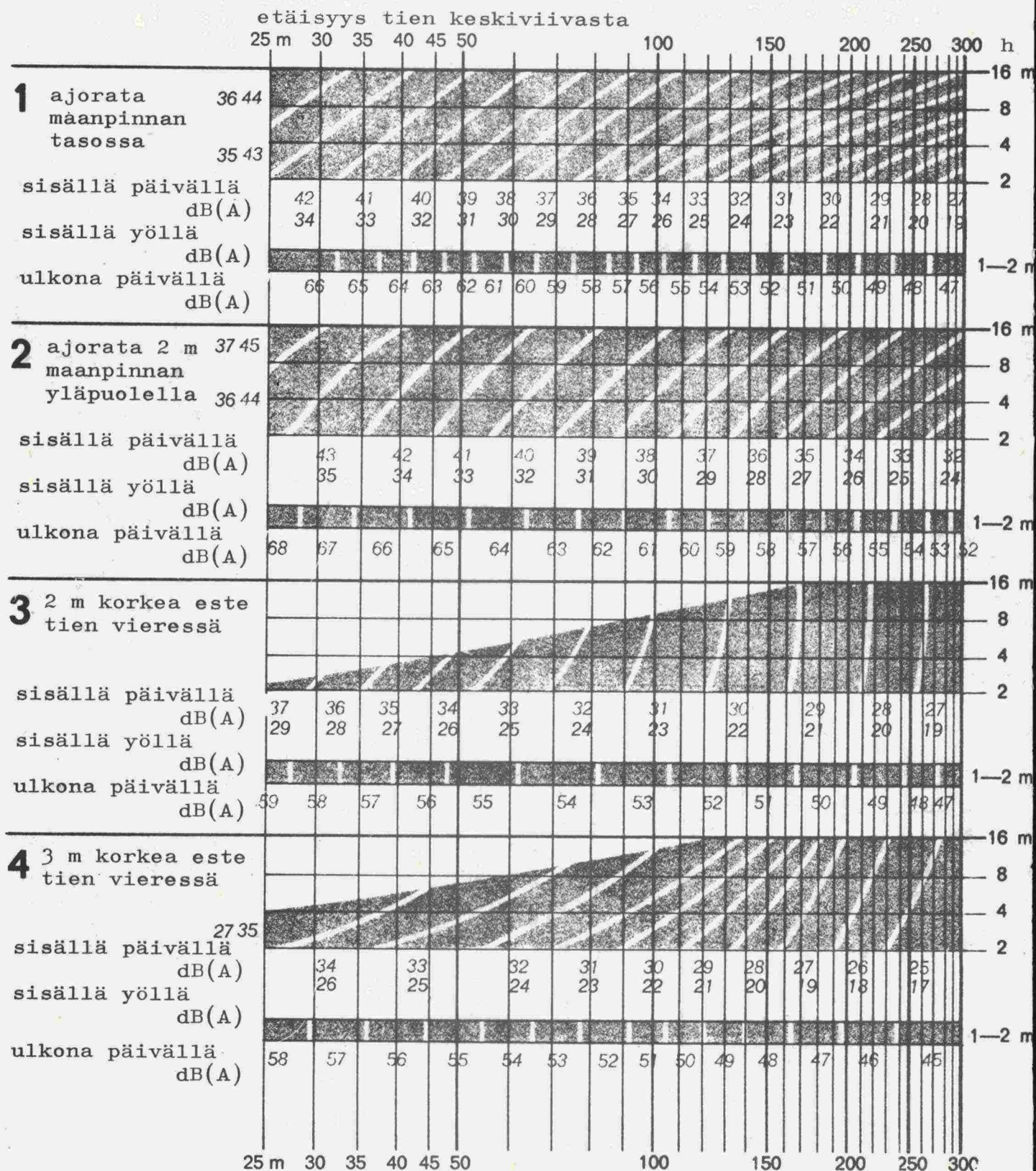
raskaiden ajoneuvojen osuus 10 %

päivän aikana 70 % vuorokausiliikenteestä

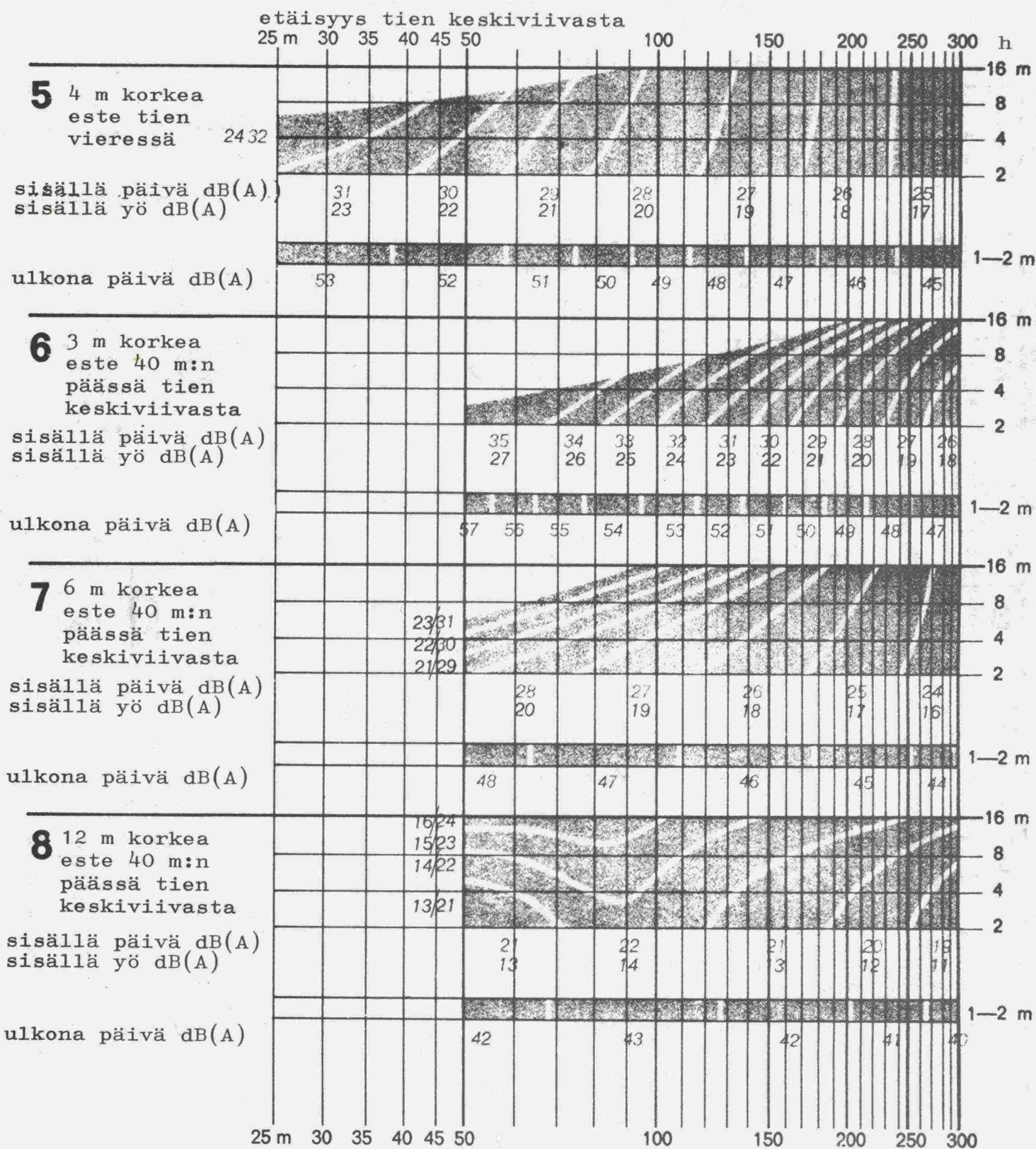
yön aikana 7 % vuorokausiliikenteestä

standardi-ikkunat

tasainen, suora tie



110, 130 km/h	+2 dB(A)
70 km/h	—3 dB(A)
50 km/h	—5 dB(A)



yhdysväylä 70km/h

edellytykset:

maastoleikkaukset 1-8

ajoneuvomäärä 10 000 ajon/vrk

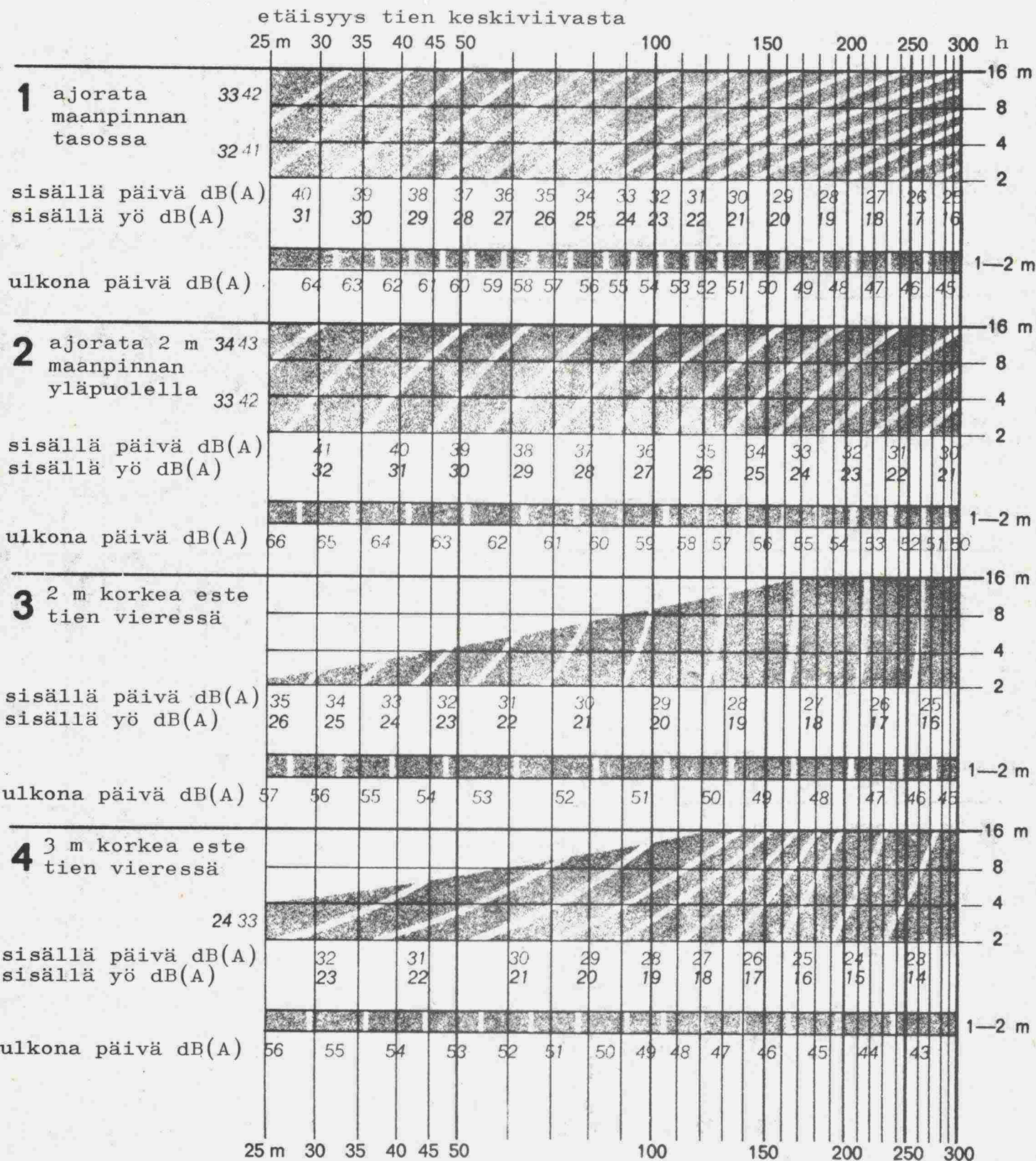
raskaiden ajoneuvojen osuus 10 %

päivän aikana 75 % vuorokausiliikenteestä

yön aikana 5 % vuorokausiliikenteestä

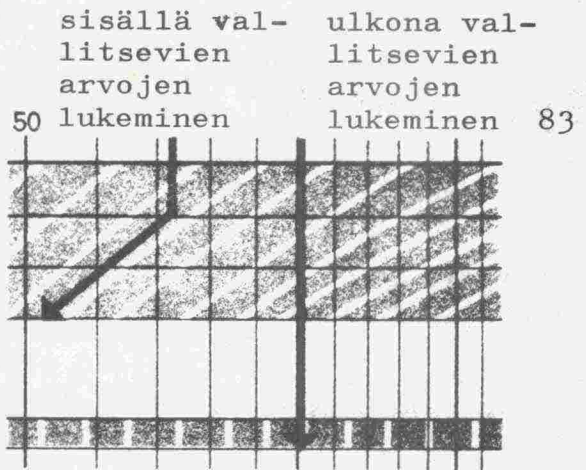
standardi-ikkunat

tasainen, suora tie



muusta merkitystä nopeusrajoituksesta
aiheutuva korjaus

90 km/h + 3 dB(A)
50 km/h - 2 dB(A)



etäisyys tien keskiviivasta

25 m 30 35 40 45 50 100 150 200 250 300 h

5 4 m korkea
este tien
vieressä 2130

sisällä päivä dB(A)
sisällä yö dB(A)

ulkona päivä dB(A)

6 3 m korkea
este 40 m:n
päässä tien
keskiviivasta

sisällä päivä dB(A)
sisällä yö dB(A)

ulkona päivä dB(A)

7 6 m korkea
este 40 m:n
päässä tien
keskiviivasta

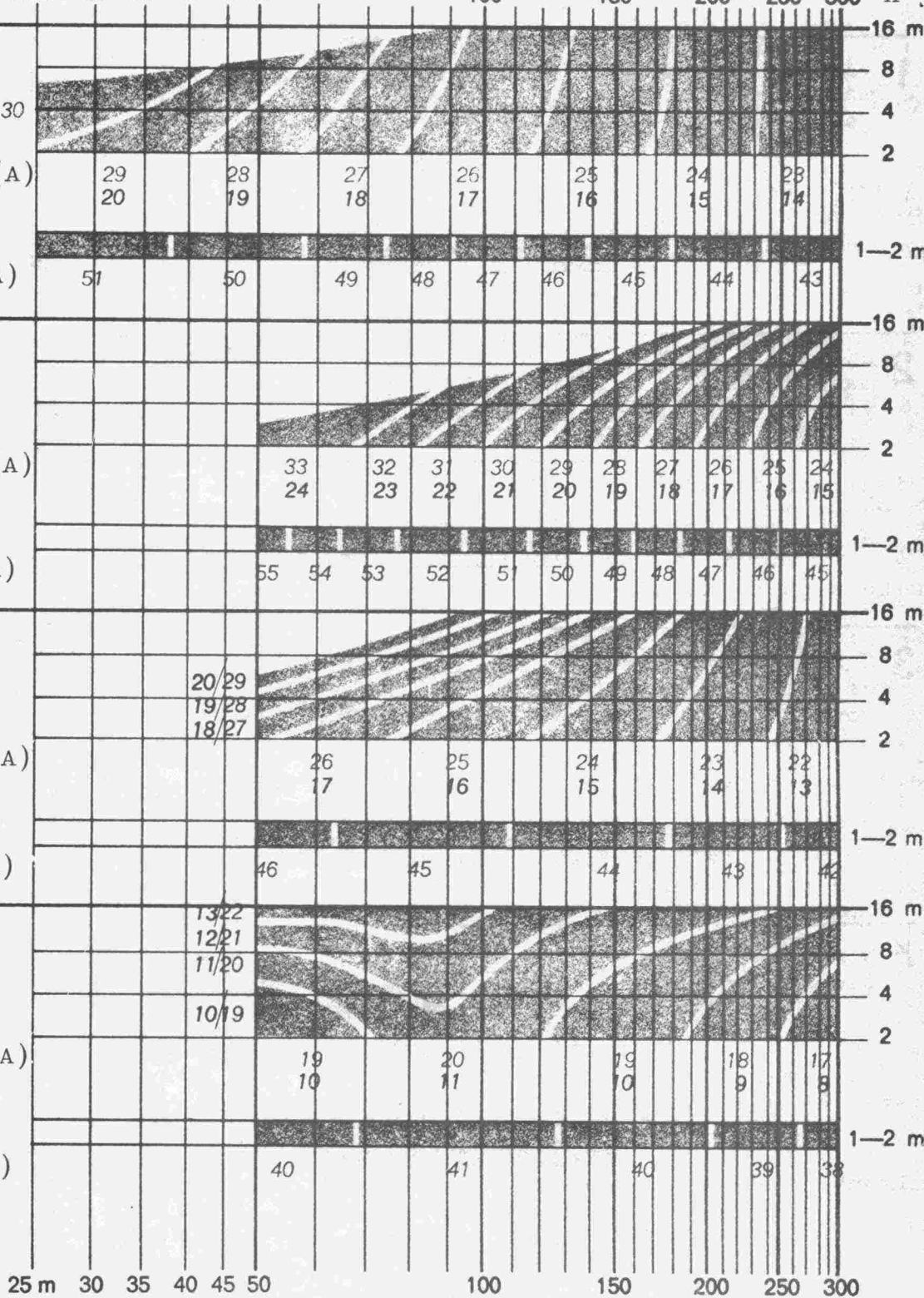
sisällä päivä dB(A)
sisällä yö dB(A)

ulkona päivä dB(A)

8 12 m korkea
este 40 m:n
päässä tien
keskiviivasta

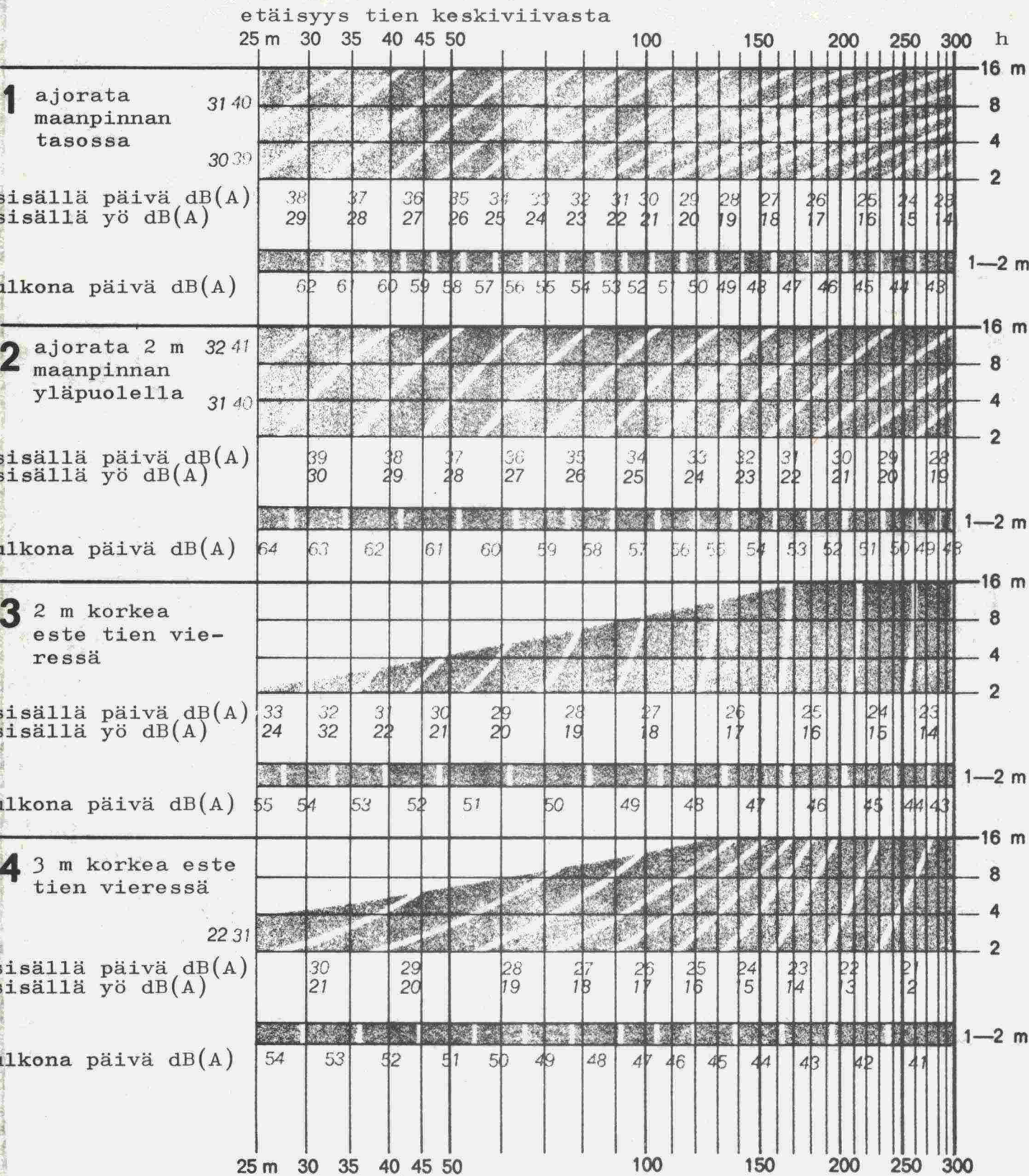
sisällä päivä dB(A)
sisällä yö dB(A)

ulkona päivä dB(A)



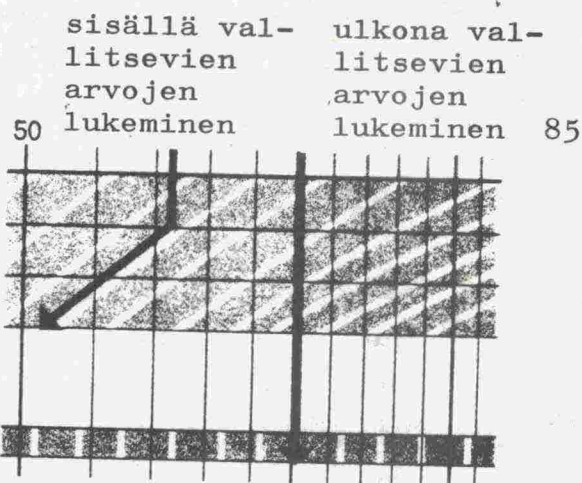
syöttöväylä 50km/h

edellytykset:
maastoleikkaukset 1-8
ajoneuvomäärä 10 000 ajon/vrk
raskaiden ajoneuvojen osuus 10 %
päivän aikana 75 % vuorokausiliikenteestä
yön aikana 5 % vuorokausiliikenteestä
standardi-ikkunat
tasainen, suora tie



muusta merkitystä nopeusrajoituksesta
aiheutuva korjaus

70 km/h + 2 dB(A)



etäisyys tien keskiviivasta

25 m 30 35 40 45 50

100 150 200 250 300 h

5 4 m korkea
este tien
vieressä 1928

sisällä päivä dB(A)
sisällä yö dB(A)

ulkona päivä dB(A)

6 3 m korkea
este 40 m:n
päässä tien
keskiviivasta

sisällä päivä dB(A)
sisällä yö dB(A)

ulkona päivä dB(A)

7 6 m korkea
este 40 m:n
päässä tien
keskiviivasta

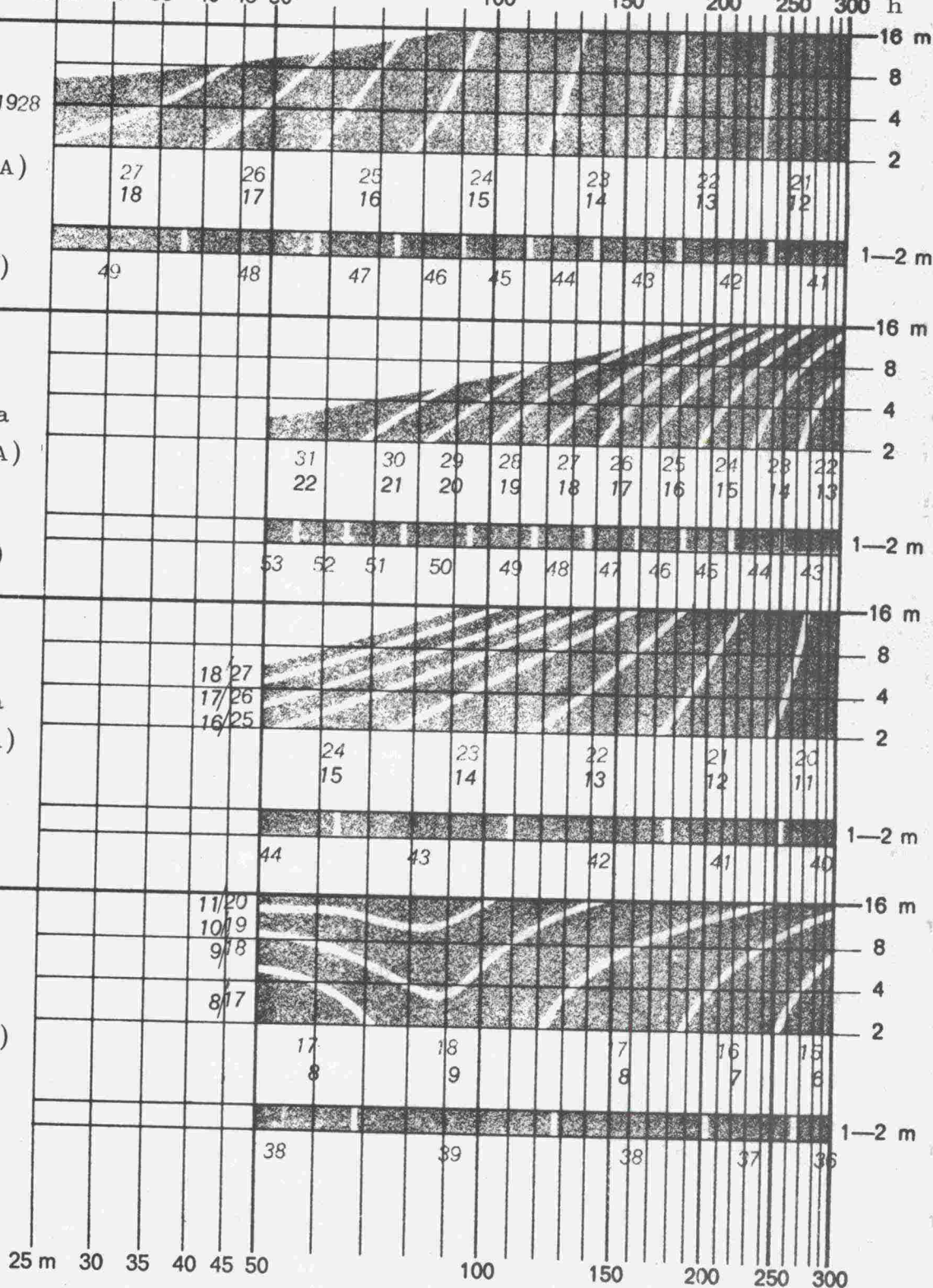
sisällä päivä dB(A)
sisällä yö dB(A)

ulkona päivä dB(A)

8 12 m korkea
este 40 m:n
päässä tien
keskiviivasta

sisällä päivä dB(A)
sisällä yö dB(A)

ulkona päivä dB(A)



Luettelo korjaustaulukoista

Sivu

1. Nopeuden aiheuttama korjaus - nomogrammi- aukemat	78-85
2. Liikennemäärän aiheuttama korjaus	87
3. Liikenteen vuorokausijakautuman aiheuttama korjaus	87
4. Raskaiden ajoneuvojen osuuden aiheuttama korjaus	88
5. Kiihdyttämisen aiheuttama korjaus	88
6. Kaltevuuden aiheuttama korjaus	89
7. 25 m pienempien etäisyyksien aiheuttama korjaus	89
8. 300 m suurempien etäisyyksien aiheuttama korjaus	90
9. Julkisivusta heijastumisen aiheuttama korjaus, taulukko puuttuu, ks. sivu	66
10a. Osamatkan vaikutuksen korjaus, alhainen maan aiheuttama vaimennus	92
10b. Osamatkan vaikutuksen korjaus, suuri maan aiheuttama vaimennus	93
11. Kaksipuolisen rakennusrivin aiheuttama korjaus	91
12. Muu korjauksen aiheuttama korjaus, taulukko puuttuu, ks. sivu	67
13. Ekvivalenttitasojen laskeminen yhteen	91

Taulukko 2

Liikennemäärän aiheuttama korjaus

Ajon./vrk	Korjaus dB(A)	Ajon./vrk	Korjaus dB(A)
1 000 - 1 100	- 10	10 000 - 11 000	0
1 200 - 1 400	- 9	12 000 - 14 000	+ 1
1 500 - 1 700	- 8	15 000 - 17 000	+ 2
1 800 - 2 200	- 7	18 000 - 22 000	+ 3
2 300 - 2 800	- 6	23 000 - 28 000	+ 4
2 900 - 3 500	- 5	29 000 - 35 000	+ 5
3 600 - 4 400	- 4	36 000 - 44 000	+ 6
4 500 - 5 600	- 3	45 000 - 56 000	+ 7
5 700 - 7 000	- 2	57 000 - 70 000	+ 8
7 100 - 8 900	- 1	71 000 - 89 000	+ 9
9 000 - 10 000	0	90 000 - 112 000	+ 10

Taulukko 3

Liikenteen vuorokausijakautuman yöarvoihin aiheuttama korjaus dB(A)

Raskaiden ajo- neuvojen osuus %:ina vuorokau- siliikenteestä	Väylätyyppi		
	Pääväylä	Kokoojaväylä	Yhdys- ja syöttöväylä
3	- 4	- 3	- 2
4	- 3	- 2	- 1
5	- 2	- 1	0
6 - 7	- 1	0	+ 1
8	0	+ 1	+ 2
9 - 11	+ 1	+ 2	+ 3
12 - 14	+ 2	+ 3	+ 4
16 - 18	+ 3	+ 4	+ 5

HUOM! Korjaus vain yöarvoon.

Taulukko 4

Raskaiden ajoneuvojen osuuden aiheuttama korjaus

Raskaiden ajoneuvojen osuus %:ina vuorokau- siliikenteestä	Väylätyyppi	
	Pääväylä	Muut väylät
5	- 2	- 1
10	- 1	0
15	0	+ 1
20	+ 1	+ 2
30	+ 2	+ 3
40	+ 4	+ 5
50	+ 5	+ 6
60	+ 6	+ 7

Taulukko 5

Kiihdyttämisen aiheuttama korjaus

	Etäisyys ris- teyksestä, m	Korjaus dB(A)
70 km/h	0 - 25	+ 3
	26 - 75	+ 2
	76 - 125	+ 1
50 km/h	0 - 15	+ 5
	16 - 45	+ 4
	46 - 75	+ 3
	76 - 105	+ 2
	106 - 135	+ 1

Hyvin lähellä tietä (≤ 25 m) tehdään edellä olevat lisäykset. Suuremmilla etäisyyksillä lasketaan osamatkat edellä olevassa taulukossa erikseen käyttämällä korjaustaulukoita 10a ja 10b.

Taulukko 6

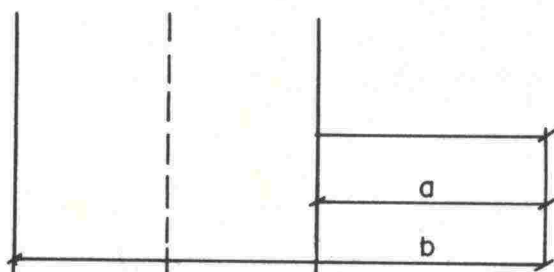
Kaltevuuden aiheuttama korjaus dB(A)

Kuorma-autojen osuus %	Kaltevuus %			
	3,5	5,0	9,0	12,5
5	+ 1	+ 2	+ 4	+ 5
10	+ 1	+ 2	+ 4	+ 5
15	+ 1	+ 3	+ 4	+ 6
20	+ 1	+ 3	+ 5	+ 7
30	+ 1	+ 3	+ 5	+ 8

Taulukko 7

25 m pienempien etäisyyksien aiheuttama korjaus

a \ b	7	9	12	15	18	21	25	30	35	40	45
2	+8	+7	+7	+6	+5	+5	+4	+4	+3	+3	+3
3	+7	+7	+6	+5	+5	+4	+4	+3	+3	+2	+2
4		+6	+5	+5	+4	+4	+3	+3	+2	+2	+2
4		+6	+5	+4	+4	+4	+3	+3	+2	+2	+1
7			+4	+4	+3	+3	+2	+2	+2	+1	+1
9				+3	+3	+2	+2	+2	+1	+1	
12					+2	+2	+1	+1	+1		
15						+1	+1	+1			
18							+1				



Etäisyys (m) ajoradan
reunaan

Taulukko 8

300 m suurempien etäisyyksien aiheuttama korjaus

Etäisyys (m)	Korjaus dB(A)
300 - 335	0
336 - 425	- 1
426 - 535	- 2
536 - 670	- 3
671 - 845	- 4
846 - 1 065	- 5
1 066 - 1 340	- 6

Taulukko 9

Julkisivusta heijastumisen aiheuttama korjaus

Ks. sivu 66.

Taulukko 10a

Osamatkan vaikutuksen korjaus, alhainen maan
aiheuttama vaimennus

Ks. sivu 92.

Taulukko 10b

Osamatkan vaikutuksen korjaus, suuri maan
aiheuttama vaimennus

Ks. sivu 93.

Taulukko 11

Kaksipuolisen rakennusrivin aiheuttama korjaus

<u>Kadun pituus</u>	Korjaus
Kadun leveys	dB(A)
< 0,5	0
0,5 - 3,0	+ 1
3,1 - 8,0	+ 2
8,1 - 15,0	+ 3
> 15,0	+ 4

Kadun pituus = molemmin puolin rakennettu
pituus kadun varrella ilman suurempaa
aukkoa rakennusrivissä kuin kadun leveys

Taulukko 12

Muu korjaus

Ks. sivu 67.

Taulukko 13

Ekvivalenttitasojen laskeminen yhteen

Ekvivalentti- tasojen ero- tus	Suurempaan tasoon tehtävä lisäys dB(A)
0 - 1	3
2 - 4	2
5 - 9	1
10 -	0

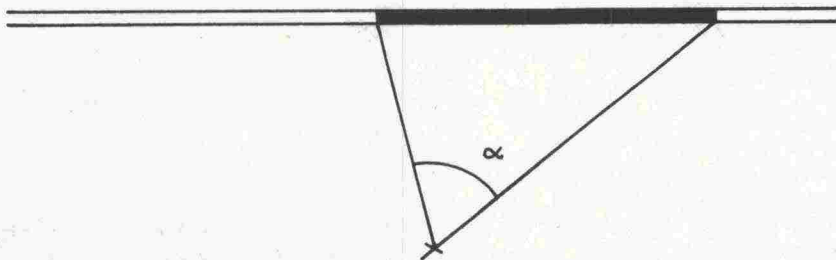
Yhteenlaskeminen tapahtuu lähtemällä korkeammasta osatasosta ja lisäämällä tähän 0-3 dB(A):n suuruinen korjaus taulukon mukaan. Jos esim. korkeampi taso on 56 dB(A) ja matalampi 50 dB(A) kokonaisekvivalenttitasoksi tulee $56 + 1 = 57$ dB(A).

Taulukko 10a

Osamatkan vaikutuksen korjaus, alhainen maan aiheuttama vaimennus ¹⁾

Näkökulma α	Korjaus dB(A)
161 - 180	0
128 - 160	- 1
102 - 127	- 2
81 - 101	- 3
64 - 80	- 4
51 - 63	- 5
41 - 50	- 6
33 - 40	- 7
26 - 32	- 8
21 - 25	- 9
17 - 20	- 10
13 - 16	- 11
11 - 12	- 12
9 - 10	- 13
7 - 8	- 14
5 - 6	- 15

Osamatkan aiheuttama ekvivalenttitaso saadaan korjaamalla päättymätöntä pitkää suoraa tietä vastaavaa ekvivalentti-arvoa taulukon mukaan



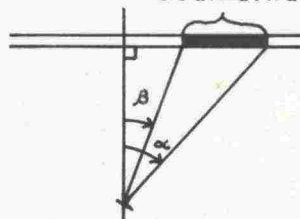
¹⁾ Alhainen maan aiheuttama vaimennus - ks. sivu 66.

Taulukko 10b

Osamatkan vaikutuksen korjaus, suuri maan aiheuttama
vaimennus ¹⁾

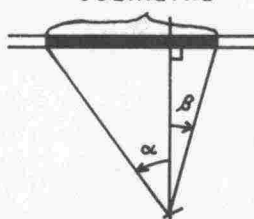
$\alpha \backslash \beta$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
80°									-21
70°								-16	-15
60°							-14	-12	-12
50°						-13	-11	-10	-9
40°					-12	-10	-8	-8	-7
30°			-11	-9	-7	-6	-5	-5	-5
20°		-11	-8	-6	-5	-5	-4	-4	-4
10°	-11	-8	-6	-5	-4	-4	-3	-3	-3
0°	-11	-8	-6	-5	-4	-4	-3	-3	-3
-10°	-8	-6	-5	-4	-3	-3	-3	-2	-2
-20°	-5	-4	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-2
-30°		-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1
-40°			-2	-2	-1	-1	-1	-1	-1
-50°				-1	-1	-1	-1	-1	-1
-60°					-1	0	0	0	0
-70°						0	0	0	0
-80°							0	0	0
-90°									0

osamatka



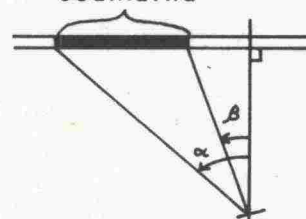
α positiivinen
 β positiivinen

osamatka



α positiivinen
 β negatiivinen

osamatka



α positiivinen
 β positiivinen

α tarkoittaa suurinta kulmaa normaalista laskettuna.
 β lasketaan positiivisena, jos se on samaan suuntaan normaalista kuin α . Suoralle (päättymättömälle) pitkälle tielle laskettua ekvivalenttitasoa korjataan taulukosta luettavilla arvoilla kuviin merkittyjen osamatkojen vaikutuksen määrittämiseksi.

¹⁾ Suuri maan aiheuttama vaimennus - ks. sivu 66.

HUOMAUTUKSIA IMISSIORAJOJA ESITTÄVÄÄN TAULUKKON x)

1. Annetut arvot pätevät ainoastaan selostetuille huoneistoille ja alueille

Vapaa-ajan toimintoja varten olevien rakennusten ja ulkoilualueiden suunnittelua ei tule suorittaa taulukoissa annettujen arvojen perusteella. Ulkona vallitsevat imissiorajat tulee tällaisen suunnittelun yhteydessä asettaa pienemmiksi. Työhuoneistot, joissa työpaikkamelu pysyvästi on suurempi kuin 50 dB(A), eivät myöskään kuulu selostettuihin huoneistoihin.

2. Yölle ja vastaavasti päivälle annetut arvot tarkoittavat ainoastaan selostettujen kellonaikojen välistä ekvivalenttitasoa

Päivän ja vastaavasti yön määrittävät kellonajat on valittu niin, että vuorokausijakautuman ollessa normaali ekvivalenttitaso antaisi tyydyttävän mitan ajanjakson meluilmastolle. Illan aikana klo 18-23 ekvivalenttitaso on normaalisti matalampi kuin päivällä mutta korkeampi kuin yöllä. Sen jättäminen pois ei siis tarkoita kuitenkaan, että illan aikana voitaisiin hyväksyä korkeampia arvoja kuin päivällä.

3. Annetut arvot eivät tarkoita maksimaalista äänitasoa

Jotta välttyttäisiin yöaikana yksittäisten raskaiden ajoneuvojen aiheuttamilta häiriöiltä läpikulkuväylien varrella ja pienten henkilöautojen liikennevirtojen aiheuttamilta häiriöiltä muissa tapauksissa, tulee pyrkiä tiettyihin minimietäisyyksiin myös silloin, kun annettuja ekvivalenttitasoa ei ylitetä.

Asuinrakennusta ei siis saa sijoittaa, jos ei ole meluestettä

- 15 metriä lähemmäksi liityntäkatua tai syöttöväylää, joka on pussikatu,
- 35 metriä lähemmäksi väylää, jolla on nopeusrajoitus 50 km/h,

x) Taulukko esitetty sivulla 100

- 50 metriä lähemmäksi läpikulkuväylää, jolla on korkeampi nopeusrajoitus.

Annetut mitat tarkoittavat etäisyyksiä lähimmästä ajo-kaistasta. Omakotitaloalueiden liityntäkaduilla voidaan etäisyyttä yleensä pienentää. Tonttikadut eivät sisällä kommentteihin.

Annetut minimietäisyydet voidaan tavallisesti saada ainoastaan, kun suunnitellaan aikaisemmin rakentamattomia alueita. Etäisyydet on laskettu sellaisille rakennuksille, joissa on käytetty normaaleja kaksilasi-ikkunoita. Jos käytetään ikkunoita, joiden ääneneristyskyky on noin 10 dB(A) parempi, voidaan annettuja etäisyyksiä vähentää 5 metriin, 15 metriin ja vastaavasti 20 metriin.

4. Sisätiloille annetut arvot pätevät ikkunoiden ollessa suljettuina

Ikkuna- ja ulkoseinärakenteet voidaan tehdä eristyskyvyllään sellaiseksi, että taulukoissa annetut arvot voidaan saada myös ulkona vallitsevien melutasojen ollessa korkeita. Sisällä vallitsevan ääni-ilmaston tulee kuitenkin vähintään puoleassa asuinhuoneista olla tyydyttävä myös ikkunoiden ollessa avoimet. Näin voidaan katsoa olevan, jos sisällä vallitsevaa tasoa laskettaessa annetut arvot voidaan saada normaaleilla kaksilasi-ikkunoilla (=laskentanomogrammien normaalitapaukset), vaihtoehtoisesti jos laskettaessa ulkona vallitsevaa tasoa tämä ei ylitä 50 dB(A).

OLOSUHTEET, JOTKA TULEE HUOMIOIDA YLITETTÄESSÄ ANNETUT ARVOT

Ylittämisiä saa esiintyä ainoastaan poikkeustapauksissa. Kussakin tapauksessa tulee harkinta suorittaa paikallisista edellytyksistä lähtien, jolloin on kiinnitettävä huomiota seuraaviin seikkoihin.

Sisätilat

- a) Annetut arvot asuinhuoneissa vastaavat imissiotasoa, jossa 15-25 % normaaliväestöstä tulee häirityksi. Tämän häiritettyjen osuuden katsotaan olevan suuri ympäristöhygienisessä yhteydessä. Häiritsevyysaste alemmissa melutasoissa ei kuitenkaan ole tunnettu. Ylitettäessä annetut arvot 10 dB(A):lla, joka vastaa suurin piirtein kuulovoimakkuuden kaksinkertaistumista, asuikkaita suunnilleen kaksi kertaa niin useat (30-50 %) tulevat häirityiksi.
- b) Ylitettäessä annetut arvot asuinhuoneistossa häiritsevä vaikutus pienenee olennaisesti, jos näin ei käy kaikissa asuinhuoneissa. Ainakin toisen puolen asuinhuoneista tulee olla hiljaiselle puolelle päin.
- c) Kun annetut arvot ylitetään olemassa olevien rakennusten ollessa kysymyksessä, tulee ottaa huomioon väestön koostumus. Jos sairaiden tai sellaisten ihmisten, joiden liikkumismahdollisuudet ovat rajoitetut, osuus on suuri, voidaan odottaa suuremman osuuden ihmisistä tulevan häirityksi kuin väestön ollessa normaalia.
- d) Erityisten bussikatujen varrella asuinalueilla voi esiintyä suuria maksimitasoja. Jos yöliikenne on vähäistä, nämä tulee kuitenkin voida hyväksyä. Kuitenkin rakennettaessa bussipysäkkiä tulee etäisyyden, ellei asuinrakennusta ole suojattu melusteella ja jos asuinrakennuksessa on normaalit kaksilasi-ikkunat, ts. laskentanogrammin normaalitapaus, olla vähintään 35 metriä.
- e) Muissa maissa on sovellettu kaupunkirakenteen aluejakoa. Tätä ei ole suoritettu täällä, koska korkeampia arvoja ei yleensä ole katsottu voitavan hyväksyä. Meluolosuhteet ovat kuitenkin erittäin vaikeasti parannettavissa kaupunkien keskustoissa. Keskeinen asema ja mahdollisuudet säilyttää olemassa oleva

rakennuskanta voi usein aiheuttaa korotetun melutason. Liikenteen saneeraamisen ja huolellisen detaljisuunnittelun avulla voidaan häiriöitä rajoittaa, minkä vuoksi kussakin tapauksessa on arvostelu suoritettava erikseen. Tulee huomioida, että suljetulla kottelirakenteella saadaan huomattavia etuja melun suhteen.

f) Koulutushuoneistoissa ja huoneistoissa terveyden- ja sairaanhoitoa varten ovat yksittäisen oppilaan ja vastaavasti hoidettavan mahdollisuudet itse valita huoneistonsa rajoitettuja, minkä vuoksi ylittämisläpää pitäisi kokonaan välttää.

Ulkoalueet

Ulkoalueet voidaan jakaa eri alueisiin niillä esiintyvien aktiviteettityyppien perusteella. Tähän liittyy myöskin erilainen herkkyyks liikennemeluhäiriöiden suhteen. Annetut arvot tarkoittavat kaikkia virkistysalueita taajaan asutulla alueella, mutta arvosteltaessa arvojen ylittämisiä tulee ottaa huomioon seuraavaa.

a) Paikallaan olemista varten tarkoitettut alueet tarkoittavat pääasiallisesti parvekkeita, istumapaikkoja ja pikkulasten hiekkalaatikoita, mutta ne voivat myöskin tarkoittaa nurmikkoja, joita kesäaikana käytetään aurin-
gonottoon. Näillä alueilla voi jo annetuissa imissio-
rajoissa esiintyä vaikeuksia kaikissa tapauksissa hil-
jaisen keskustelun kuulemisessa. On pyrittävä alhaisiin
imissiotasoihin. Ylittämisten rajoittavat vaikutukset
on otettava huomioon.

Kun käytetään ikkuna- ja ulkoseinärakenteita, joiden eristys on parempi kuin nomogrammien normaalitapauksissa, voi esiintyä korkeita melutasoja parvekkeilla ja ulkoilupaikoilla. Tämä voi erityisesti aiheuttaa vaikeuksia sellaisilla asuinalueilla, jotka ovat pohjoiseen liikenneväylästä. Tällaisissa tapauksissa tulee pyrkiä rajoittamaan eristävien ulkoseinien tarvetta. Sen

sijaan tulee hyväksyttävä ääni-ilmasto aikaansaada käyttämällä melusteita tai etäisyysvaimennuksen avulla.

Annettujen arvojen ylittäminen parveikkeilla ei tule kuitenkaan aiheuttaa parvekkeen poisjättämistä. Tällaisessa tilanteessa on parempi rakentaa parveke, jossa on jonkin verran melua.

b) Yhteysalueet tarkoittavat sisääntulokäytäviä ja jalankulkuteitä. Jalankulkuteillä virkistysalueilla tulee voida keskustella melko vaivattomasti. Ylittämisiä tulee välttää, mutta jonkin verran helpommin voidaan hyväksyä ylittämiset kuin paikallaan olemista varten tarkoitettujen alueiden ollessa kysymyksessä. Jalkakäytävillä ja jalankulkuteille pysäköintialueille ja pysäköintialueilta pois jne. ei mainittuja arvoja voida soveltaa. Suunniteltaessa uutta asutusta tulee jalankulkutiet erottaa liikenneväylistä.

c) Liikkumistoimintoja varten tarkoitettut alueet tarkoittavat leikkikenttiä, pallokenttiä, ruohokenttiä vapaata leikkimistä varten. Leikkikentillä ja pallokentillä on äänitaso usein lasten ja pelaajien äänien perusteella korkea. Keskustelu käydään usein suuriäänisesti. Suunnittelu tulee suorittaa annettujen imissiorajojen pohjalta, mutta ylitykset voidaan hyväksyä helposti.

TIELIIKENNEMELUN IMISSIORAJAT

Suunnittelun yhteydessä tulee pyrkiä siihen, että melutaso- ja ei ylitetä taulukossa ^{x)} annetuissa huoneistoissa ja alueilla. Taulukossa annettujen arvojen ylitykset voivat kuitenkin tulla väistämättömiksi niissä tapauksissa, joissa teknisistä ja/tai taloudellisista syistä torjuntatoimenpiteet kohtuudella eivät voi tulla kysymykseen, samoin kuin tapauksissa, joissa melun häiritsemät saavat muuta etua. Näin voi erityisesti olla asianlaita asutuksen ollessa jo olemassa ja erityisesti kaupunkien keskiosassa. Ylitysten hyväksyminen myös suunniteltaessa uusia teitä voi tulla kysymykseen eräiden kiinteistöjen osalta, jos sillä tavoin pienennetään useiden olemassa olevien kiinteistöjen melurasitusta. Ylittämiset tulee tällöin perustella erityisesti.

Laadittaessa asemakaavaa tai rakennuskaavaa on rakennuslautakunnan tehtävänä ratkaista, millaisia toimenpiteitä ehdotetaan. Aina tulee neuvotella terveydenhoitolautakunnan kanssa, joka on paikallinen valvontaviranomainen melukysymyksissä. Olemassa olevan asutuksen ollessa kysymyksessä terveydenhoitolautakunta, sen jälkeen kun se on neuvotellut mm. rakennuslautakunnan kanssa, terveydenhoitosäännösten perusteella päättää määräyksistä tai kielloista.

Niitä olosuhteita, jotka erityisesti tulee huomioida ylitettäessä annettuja arvoja, on selostettu sivuilla 95 - 98.

^{x)} Imissiorajat esittävä taulukko on esitetty seuraavalla sivulla.

TOIMINTA/HUONEISTO^① x)
ALUE

EKVIVALENTTITASO dB(A)^③
Päivä 06-18^② Yö 23-06^②

SISÄLLÄ^④

Asunnot

Asuinhuoneet	35	25
Muut tilat	40	-

Työhuoneistot

Työhuoneet, joissa taustamelu on rajoitettu	40	-
--	----	---

Koulutushuoneistot

Kouluhuoneet (myös esi- koulu) kokoushuoneistot, kurssitoimintaa varten olevat huoneistot jne.	35	-
---	----	---

Hoitohuoneistot

Hoitohuoneet	35	25
Toimenpidehuoneet jne.	35	-

ULKONA

Virkistysalueet

Asuntoja lähellä olevat virkistysalueet (leikki- paikat, puutarhat, istu- mapaikat jne.).	55	-
--	----	---

Virkistysalueet, jotka liittyvät kouluihin, sairaaloihin jne.	55	-
---	----	---

x) Yläviitteet viittaavat sivuilla 94 ja 95 esitettyihin huomautuksiin.